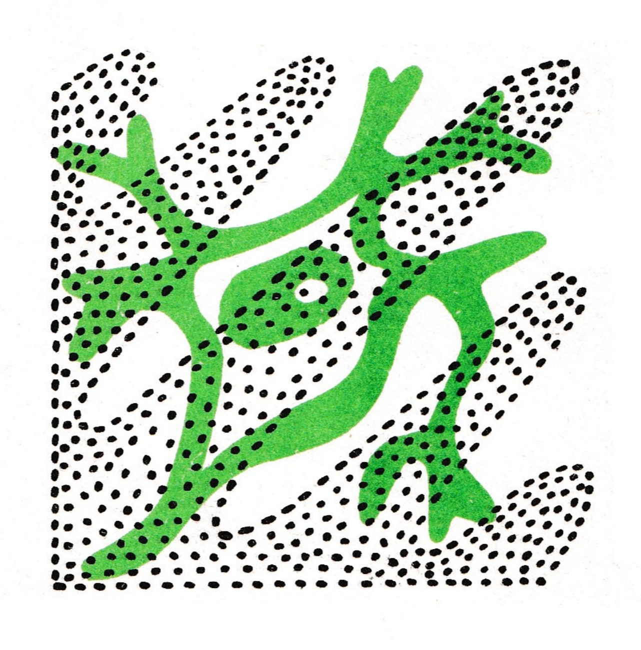
Миллиметровые волны в биологии и медицине

№ 8

Ноябрь

1996



Москва

Журнал "Миллиметровые волны в биологии и медицине" зарегистрирован в Министерстве печати и информации Российской Федерации: свидетельство о регистрации средства массовой информации номер 0110708 от 27 мая 1993 года.

Лицензия на издательскую деятельность ЛР №063370 от 18 мая 1994 г. выдана АОЗТ "МТА-КВЧ" Комитетом Российской Федерации по печати. Издательский код 99В(03).

Журнал полностью цитируется для Electromagnetic Field Data Base (Information Venture Inc., Philadelphia, P.S., USA).

Адрес редакции:

103907, Москва, ГСП-3, ул. Моховая 11, ИРЭ РАН для ЗАО "МТА-КВЧ"

Телефон: (095) 203-47-89

Факс: (095) 203-84-14

Реквизиты ЗАО "МТА-КВЧ":

Инн. 7703127677

Р/счет 467460 в КБ "Спецстройбанк"

Корр. счет 542161400 БИК 044583542

Институт радиотехники и электроники Российской академии наук
Медико-техническая ассоциация "КВЧ",
Научное медико-биологическое общество "КВЧ"

Миллиметровые волны в биологии и медицине

(научно-практический журнал)

Журнал основан в декабре 1992 года | Москва | Выходит 2 раза в год

№ 8 | Ноябрь | 1996

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Статьи

Краткие сообщения

Millimeter Waves in Biology and Medicine

Moscow

№ 8 November 1996

CONTENTS

Pages

Articles

Contents

Short Communications

Статьи

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ РЕФЛЕКСОТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ НА ОСНОВЕ ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА "ШАРМ" ПРИ ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ С НАРУШЕНИЯМИ МОЗГОВОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ

Н.Д.Девятков, Ю.Н.Белый, А.М.Василенко, В.Я.Кислов, В.В.Кислов, В.В.Колесов, В.Ф.Смирнов, Е.П.Чигин

Институт радиотехники и электроники РАН, г. Москва

Основой традиционной восточной рефлексотерапии являются синдромальная пульсодиагностика и иглоукалывание (прижигание). При этом в большей степени по сравнению с западной (современной) медициной используется общесистемный терапевтический подход - лечат не болезнь, а больного. Через природные "окна"- точки акупунктуры (ТА) - можно не только наблюдать функциональное состояние внутренних органов человеческого организма, но и активно воздействовать на них, осуществляя коррекцию состояния отдельных органов и гомеостаза в целом. Основным принципом древней восточной рефлексотерапии является регулировка состояния двенадцати основных функциональных систем человека (по древнекитайской терминологии - меридианов), поддерживающих динамическое равновесие в организме. В рамках этого подхода рефлексотерапевты в первую очередь добиваются гармонии (равенства синдромов) всех частей тела человека: "правых" и "левых", "внутренних" и "внешних", "верхних" и "нижних", причем желательно при повышении (или сохранении) общего тонуса организма.

Современный прогресс в биомедицинской радиоэлектронике существенно облегчает выполнение этой задачи, позволяет отойти от диагностически сложного, в какой-то степени элитарного подхода древних медиков. Наиболее простым из методов современной электропунктурной диагностики является метод Накатани. Он полностью соответствует традиционной концепции меридианов, в соответствии с которой отклонение какого-либо органа от нормы проявляется в отклонении от установленной нормы проводимости области репрезентативной точки (РТ), которой обычно является так называемая точка-пособник. Норма проводимости, как показала массовая апробация метода, одна и та же у всех людей. Допустимые (физиологические) отклонения лежат в очень узком интервале, порядка 10%. При фиксированном среднем токе от 24 РТ норма тока у каждого органа (меридиана) должна быть строго фиксированной, определяемой по так называемой карте риодораку, также как и норма соответствующих отклонений. В зависимости от среднего тока эта норма составляет 10-20%, большие отклонения рассматриваются как патология.

Удобство, оперативность и надежность измерения состояний электропунктурных проявлений нарушения гомеостаза эффективно проявляются, когда исследование проводится не на основе микроамперметра и ручных вычислений по диаграмме риодораку, а с помощью персонального компьютера, который обеспечивает высокую производительность, точность, простоту получения и интерпретации диагностических данных, а также ведение обширной базы данных, статистическую обработку и т.д. Интерпретация измерений электрофизических параметров ТА позволяет врачу получить информацию о функциональных отклонениях организма и выбрать стратегию воздействия для коррекции электропунктурных проявлений гомеостаза.

На базу современной радиоэлектроники можно перевести не только системную диагностику древней восточной медицины, но и основные терапевтические приемы. В настоящее время в медицинской практике широко используются новейшие радиофизические методы, например, КВЧ воздействие, магнитотерапия, лазерная терапия и др. Они более эффективны, удобны и безопасны, чем иглоукалывание или прижигание.

Как показали исследования, воздействие на ТА низкоинтенсивного миллиметрового излучения (КВЧ-излучения) имеет не меньшую эффективность, чем традиционное иг-

лоукалывание. При этом можно выделить следующие особенности низкоинтенсивного КВЧ-воздействия: проникновение лишь в эпидермальные слои кожи (глубина проникновения 0,5 мм), отсутствие аллергии к КВЧ-излучению, повышение неспецифической резистентности организма, использование КВЧ-терапии в качестве монотерапии (т.е. безлекарственной терапии, обладающей полилечебным эффектом, когда при лечении одного заболевания излечиваются и побочные). В свою очередь, методы пунктурной КВЧ-терапии, сохраняя все преимущества рефлексозонной КВЧ-терапии, позволяют осуществлять целенаправленное контролируемое воздействие на точки акупунктуры (аналогичное иглоукалыванию, но без травмы кожных покровов и тканей), регулируя функциональное состояние системы меридианов и приводя ее к среднестатистической норме. При этом используются классические рецепты восточной медицины, которые могут быть упрощены без ущерба для их эффективности.

Методика лечения с помощью пунктурной КВЧ-терапии связана с устранением функциональных отклонений в общей диаграмме состояния пациента. Клинические испытания такого подхода показали его высокую эффективность при лечении ряда заболеваний, в том числе диабета, нарушений мозгового кровообращения, гипертонии, остеохондроза, воспаления тройничного нерва, нейроциркуляторной дистонии и других заболеваний.

В НПО "Форум" и Институте радиотехники и электроники Российской академии наук на основании многолетних исследований и клинических испытаний разработан лечебно-диагностический комплекс "ШАРМ" (ЛДК "ШАРМ"), предназначенный для электропунктурной диагностики и коррекции функционального состояния внутренних органов человека с помощью пунктурной КВЧ-терапии.

ЛДК "ШАРМ" выпускается в виде двух модификаций: стационарной и переносной.

Стационарный комплекс включает:

♦ настольный персональный компьютер любой минимальной конфигурации XT/AT/286/386/486...;

♦ сменную плату-адаптер с измерительными электродами;

♦ программный пакет, который обеспечивает пользователю дружественный интерфейс, позволяющий отображать на мониторе всю текущую информацию, вести базу данных, производить поиск точек акупунктуры, выводить информацию в виде графиков и таблиц на монитор и принтер в удобной для пользователя форме;

♦ терапевтический прибор типа "Явь" для КВЧ-терапии, работающий на фиксированных длинах волн 5,6 и 7,1мм и обладающий малой плотностью потока мощности (10 мВт/см^2);

♦ индикатор КВЧ-излучения для визуального контроля наличия электромагнитного поля;

♦ техническое описание и методическое пособие по применению комплекса.

Измерительная часть электронной платы имеет гальваническую развязку по цепям питания и по информационным каналам от ЭВМ и поэтому абсолютно безопасна.

В переносном варианте используется мини-ЭВМ типа "Notebook", в которой к последовательному порту подключается электронный блок с измерительными электродами. Такая конструкция позволяет работать при отсутствии сетевого питания (в полевых условиях, с тяжело больными и т.д.). При этом полноценная информация сохраняется в базе данных.

Комплекс позволяет:

♦ производить поиск точек акупунктуры на теле человека;

♦ проводить акупунктурную диагностику по методу риодораку;

♦ проводить диагностику по методу Фолля;

♦ проводить исследования электрофизических параметров кожи в зависимости от времени;

♦ проводить КВЧ-коррекцию функционального состояния внутренних органов человека путем воздействия на точки акупунктуры.

Время обследования одного пациента не превышает 5 мин.

Области применения комплекса:

- Экспресс-диагностика при проведении профосмотров рабочих коллективов, сотрудников фирм, при диспансеризации групп населения, при медобслуживании пациентов поликлиник, больниц, госпи-

талей, медпунктов, при оценке состояния здоровья членов семьи и т.д.;

- в терапевтических целях для регулирования биоэнергетических и физико-химических процессов в тканях и системах человеческого организма;
- для оценки эффективности лечения (лекарственного, хирургического, лучевого и т.д.).

Простота в обращении и управлении комплексом, наглядность и ясность результатов экспресс-диагностики позволяют применять его не только в медучреждениях, но и в бытовых условиях.

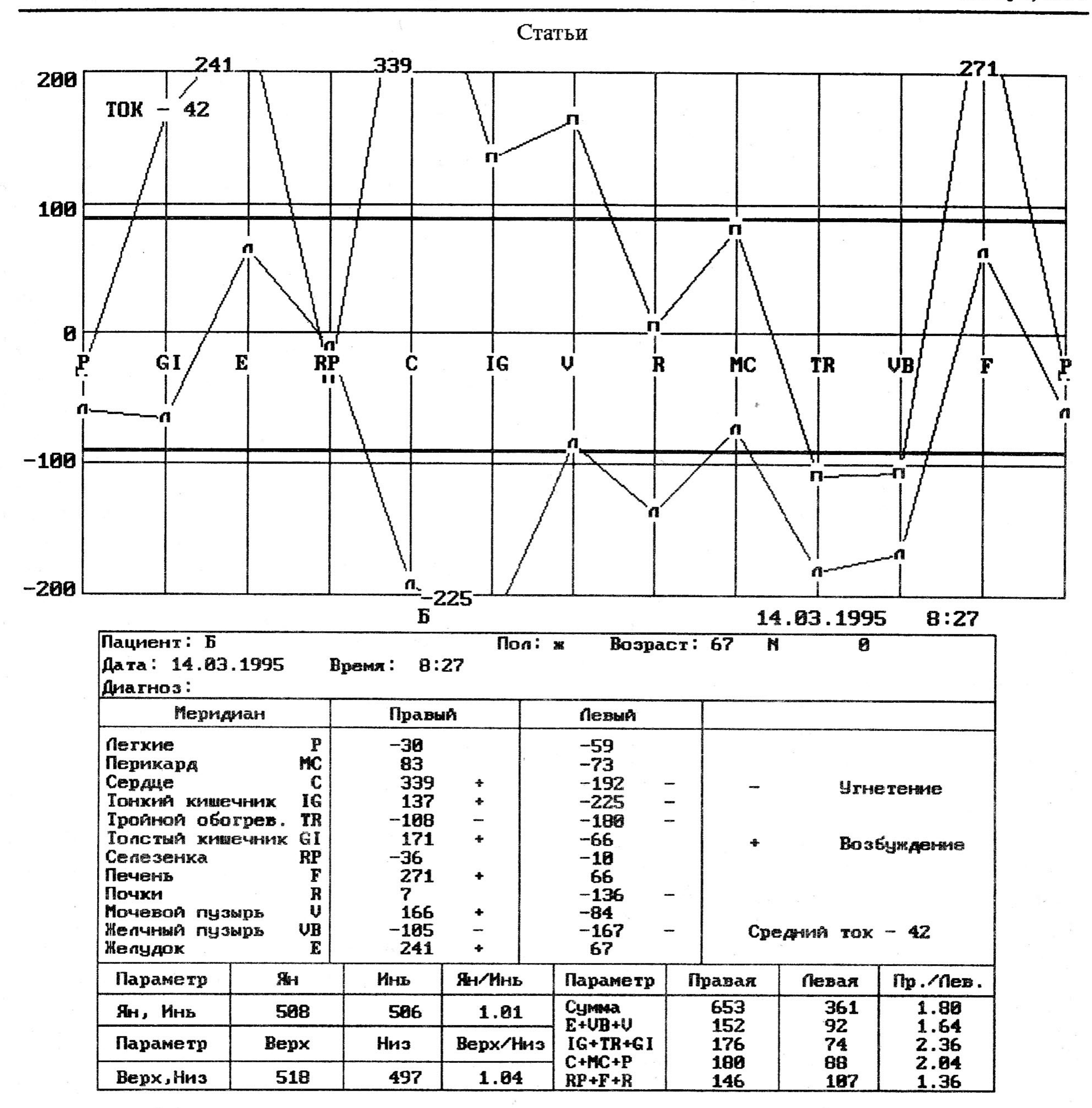
Разработанная и изготовленная аппаратура для электропунктурной диагностики КВЧ-терапии (ЛДК"Шарм") прошла приемочные технические испытания во Всероссийском научно-исследовательском и испытательном институте медицинской техники (ВНИИИМТ), включающие в себя рассмотрение технической документации и соответствие ее требованиям медицинских ГОСТов, экспериментальную проверку представленных образцов на соответствие техническим условиям и требованиям безопасности по соответствующим ГОСТам. Проводилась стандартная токсикологическая экспертиза на устойчивость примененных материалов к различным растворителям и дезинфицирующим растворам, а также на физиологическую безопасность контактных электродов. Разработаны и утверждены лечебно-диагностические методики для соответствующего применения аппаратуры.

На основании полученных материалов Комитет по новой медицинской технике при Минздравмедпроме РФ рекомендовал автоматизированный комплекс для электропунктурной диагностики по методу риодораку и КВЧ-терапии (ЛДК "Шарм") к применению в медицинской практике и к серийному производству (протокол №5 от 8.12.95 г).

Церебральные растройства устойчиво занимают ведущее место среди заболеваний нервной системы. В структуре смертности мозговые инсульты уступают лишь онкологическим заболеваниям и инфарктам миокарда. Большое значение для их профилактики имеет ранняя диагностика церебральных патологических нарушений. Одним из способов диагностики сосудистой патологии головного мозга в настоящее время может стать методика, основанная на применении ЛДК "Шарм".

В качестве характерного примера можно привести данные Центрального военно-морского клинического госпиталя (ЦВМКГ) по больным с подострой стадией ишемического инсульта. На рис. 1 показана диаграмма состояния 12 главных меридианов, которые отражают функциональное состояние основных внутренних органов (легкие, толстый кишечник, желудок, селезенка, сердце, тонкий кишечник, мочевой пузырь, почки, сосудистая система, эндокринная система, желчный пузырь, печень). Из рисунка четко видно угнетение меридианов пораженной левой стороны и преобладание "здоровой" стороны, противоположной гемипарезу. Коэффициент асимметрии право/лево при нормальном значении 10% в данном случае составил величину 200%. Результаты проведенной целенаправленной пунктурной КВЧ-терапии (10 сеансов по 9 мин воздействия на левые угнетенные меридианы) показаны на рис. 2. Дисбалансы резко (на порядок величины) уменьшились, и это состояние после десяти процедур закрепилось.

В ЦВМКГ было проведено систематическое обследование и лечение группы больных с ишемическим инсультом и дисциркуляторной энцефалопатией. Все больные находились на лечении в специализированном отделении и получали комплексную терапию: метаболические, ноотропные, сосудистые средства, физиотерапевтическое лечение, лечебный массаж, гипербарическую оксигенацию. При диагностике на ЛДК "Шарм" у больных с гемипарезами после ишемического инсульта отмечалась резкая диссоциация показателей правых и левых меридианов, с преобладанием "здоровой" стороны. Коэффициент асимметрии право/лево составлял 1,8-2. У больных с дисциркуляторной энцефалопатией столь резких нарушений не обнаружено, при этом коэффициент асимметрии право/лево составлял 1,2-1,3. КВЧ-терапия проводилась всем больным по 10-12 процедур. Выбор точек воздействия осуществлялся с учетом теории большого круга циркуляции энергии.



Пациент: Б Пол: ж Возраст: 67 N 0
Дата: 14.03.1995 Время: 8:27
Диагноз:

Меридиан		Правый		Левый		
Легкие	P	-30		-59		
Перикард	MC	83		-73		
Сердце	C	339	+	-192	–	– Угнетение
Тонкий кишечник	IG	137	+	-225	–	
Тройной обогрев.	TR	-108	–	-180	–	
Толстый кишечник	GI	171	+	-66		+ Возбуждение
Селезенка	RP	-36		-10		
Печень	F	271	+	66		
Почки	R	7		-136	–	
Мочевой пузырь	V	166	+	-84		
Желчный пузырь	VB	-105	–	-167	–	Средний ток - 42
Желудок	E	241	+	67		

Параметр	Ян	Инь	Ян/Инь
Ян, Инь	508	506	1.01
Параметр	Верх	Низ	Верх/Низ
Верх,Низ	518	497	1.04

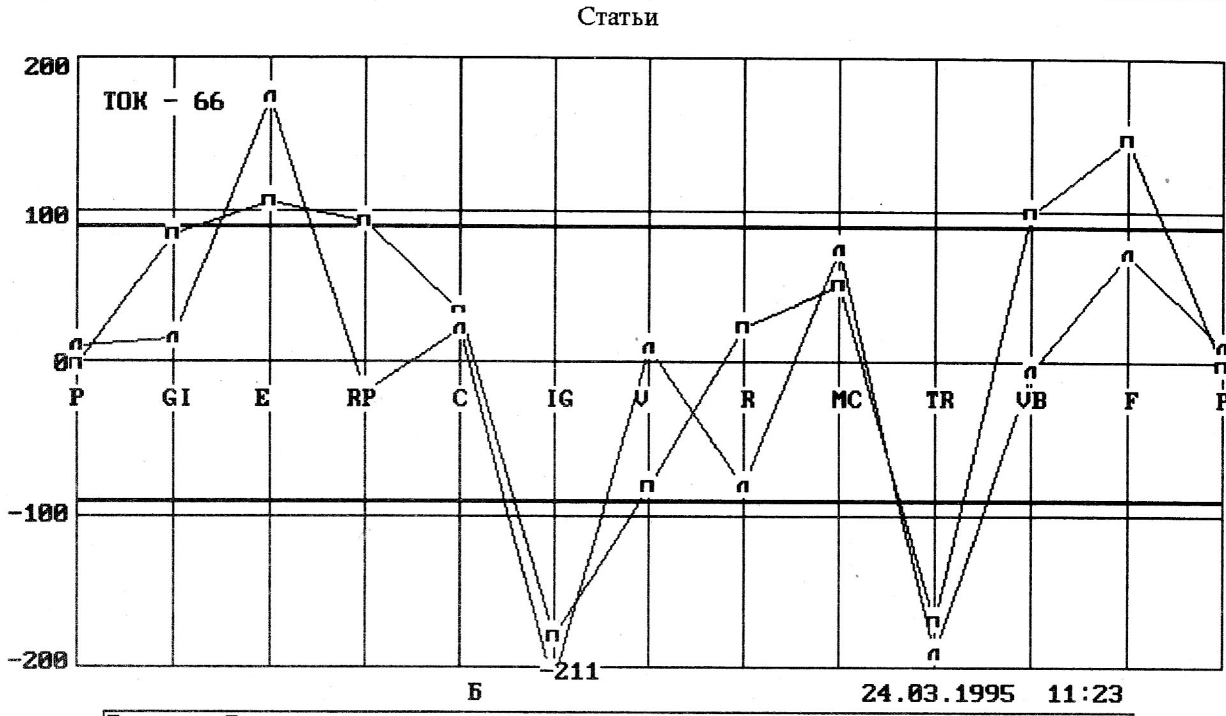
Параметр	Правая	Левая	Пр./Лев.
Сумма	653	361	1.80
E+VB+V	152	92	1.64
IG+TR+GI	176	74	2.36
C+MC+P	180	88	2.04
RP+F+R	146	107	1.36

Рис. 1.

В результате проведения комплексной реабилитационной терапии состояние всех больных улучшилось: снизилась спастика в конечностях на стороне гемипареза, прошли головные боли, нормализовалось артериальное давление. По результатам окончательной электропунктурной диагностики отмечена нормализация или существенное улучшение основных методических показателей (ян/инь, право/лево, верх/низ), а также отдельные показатели по меридианам. Средний койко-день по сравнению с контрольной группой снизился на четыре дня (26 и 30 дней соответственно).

Вторая группа больных с мозговым инсультом наблюдалась на базе ГКБ-63 и ГКБ-36 совместно с кафедрой рефлексотерапии ММСИ им. Н.А. Семашко. С помощью ЛДК "Шарм" было произведено обследование и лечение 84 пациентов с острым нарушением мозгового кровообращения (инсульт мозга) и дисциркуляторной энцефалопатией. Обследованию подвергались лица обоего пола и различных возрастных групп.

Статьи



Пациент: Б Пол: ж Возраст: 67 N 0

Дата: 24.03.1995 Время: 11:23

Диагноз:

Меридиан		Правый		Левый	
Легкие	P	-2		12	
Перикард	MC	52		75	
Сердце	C	34		23	
Тонкий кишечник	IG	-179	–	-211	–
Тройной обогрев.	TR	-169	–	-190	–
Толстый кишечник	GI	85		17	
Селезенка	RP	94	+	-19	
Печень	F	149	+	73	
Почки	R	24		-81	
Мочевой пузырь	V	-80		10	
Желчный пузырь	VB	100	+	-5	
Желудок	E	108	+	176	+

– Угнетение

+ Возбуждение

Средний ток – 66

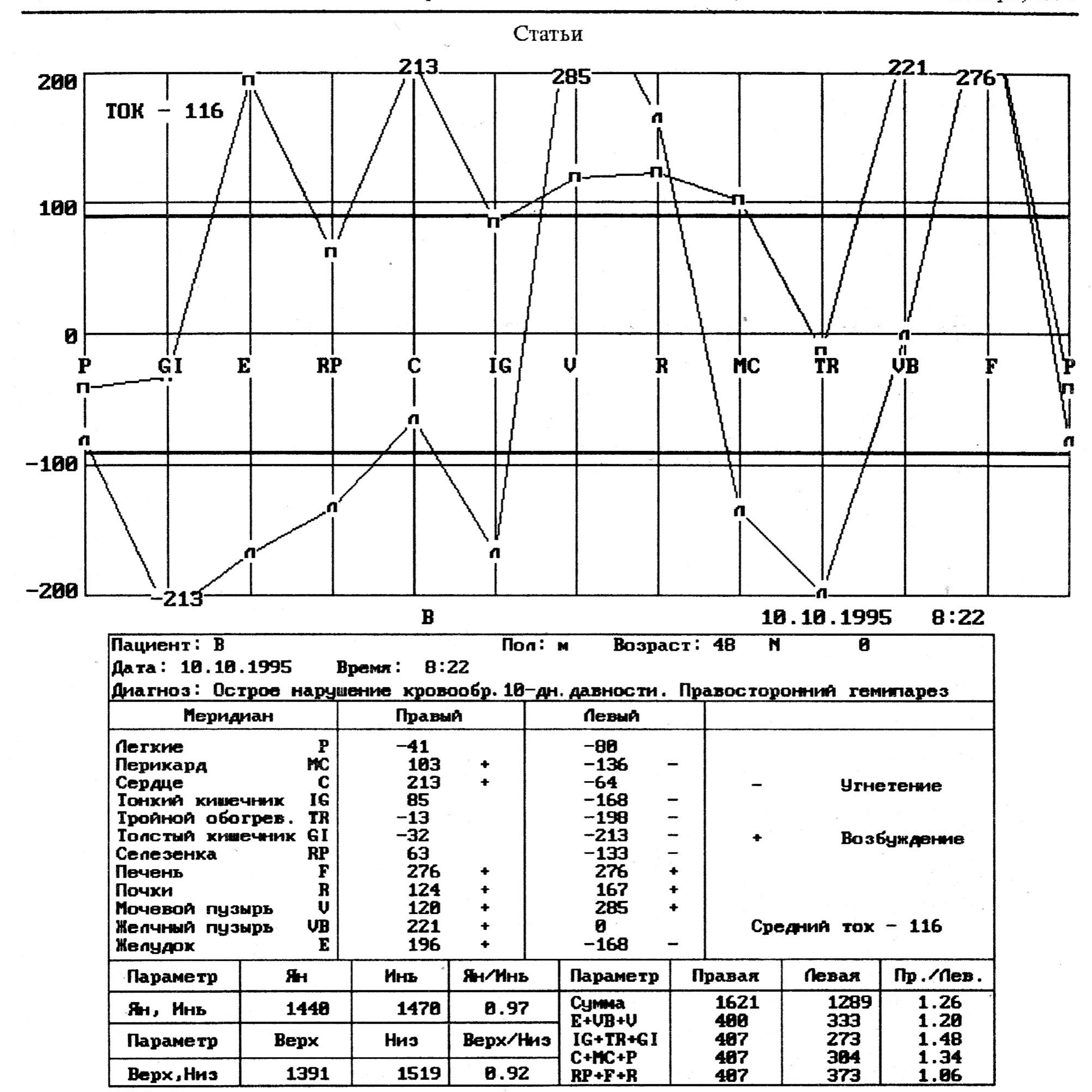
Параметр	Ян	Инь	Ян/Инь
Ян, Инь	821	779	1.04
Параметр	Верх	Низ	Верх/Низ
Верх,Низ	791	809	0.97

Параметр	Правая	Левая	Пр./Лев.
Сумма	827	774	1.06
E+VB+V	195	204	0.94
IG+TR+GI	185	162	1.13
C+MC+P	220	225	0.97
RP+F+R	227	182	1.25

Рис. 2.

Таблица 1

Характеристика заболеваний по нозологии					
Патология	Всего	Муж.	Жен.	Прав.	Лев.
Субарахноидальное кровоизлияние	2	2	-		
Геморрагический инсульт	12	5	7	6	6
Ишемический инсульт	46	18	28	22	24
Дисциркуляторная энцефалопатия	24	9	15		
Всего:	84	32	52		



Пациент: B			Пол: м	Возраст: 48	N	0	
Дата: 10.10.1995		Время: 8:22					
Диагноз: Острое нарушение кровообр. 10-дн. давности. Правосторонний гемипарез							

Меридиан		Правый		Левый		
Легкие	P	-41		-80		
Перикард	MC	103	+	-136	-	
Сердце	C	213	+	-64		- Угнетение
Тонкий кишечник	IG	85		-168	-	
Тройной обогрев.	TR	-13		-190	-	
Толстый кишечник	GI	-32		-213	-	+ Возбуждение
Селезенка	RP	63		-133	-	
Печень	F	276	+	276	+	
Почки	R	124	+	167	+	
Мочевой пузырь	V	120	+	285	+	
Желчный пузырь	VB	221	+	0		Средний ток - 116
Желудок	E	196	+	-168	-	

Параметр	Ян	Инь	Ян/Инь
Ян, Инь	1440	1470	0.97
Параметр	Верх	Низ	Верх/Низ
Верх,Низ	1391	1519	0.92

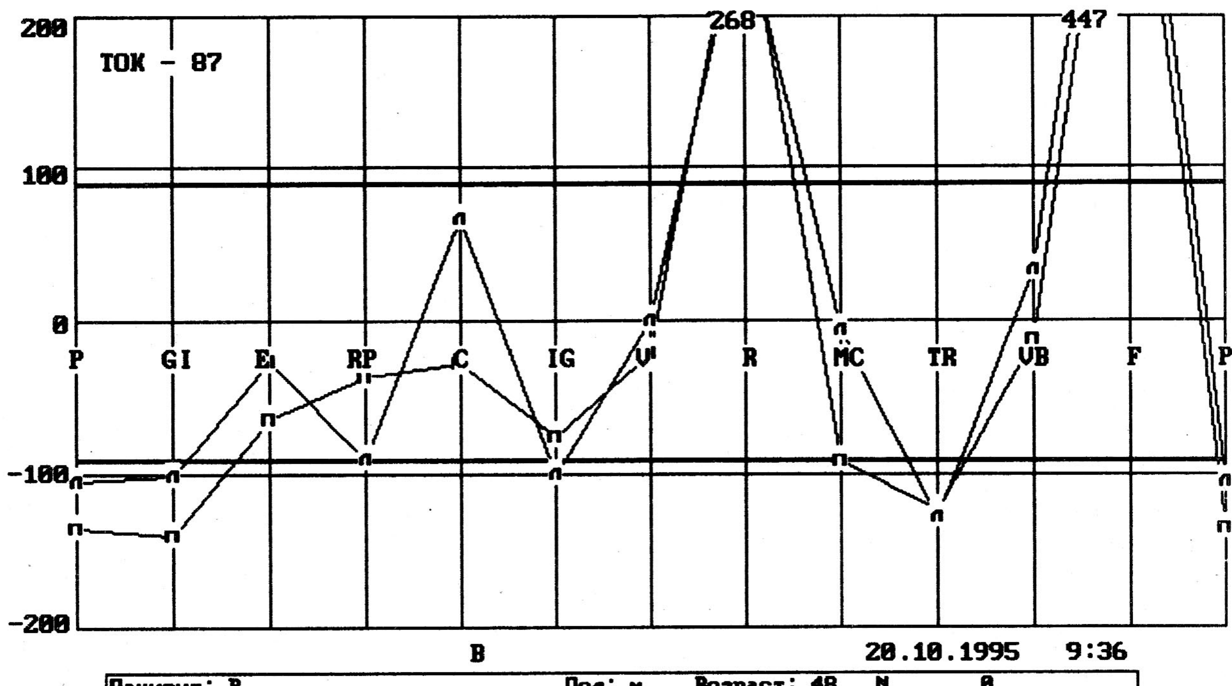
Параметр	Правая	Левая	Пр./Лев.
Сумма	1621	1289	1.26
E+VB+V	400	333	1.20
IG+TR+GI	407	273	1.48
C+MC+P	407	304	1.34
RP+F+R	407	373	1.06

Рис. 3.

Основную категорию выборки составляли больные с острым нарушением мозгового кровообращения по ишемическому типу в разных полушариях головного мозга. У 76 больных (преимущественно в возрасте от 60 до 79 лет) наряду с церебрально-сосудистой патологией имелись сопутствующие заболевания такие, как диабет, ИБС, болезни органов дыхания, почек и печени. Всем больным в условиях стационара проводилась интенсивная медикаментозная терапия (сосудистые, дегидрационные, антигипертензивные средства, витаминотерапия, антибактериотерапия, ноотропы, метаболические препараты, симптоматическая терапия).

В результате клинических испытаний показана достаточно высокая диагностическая и лечебная эффективность ЛДК "Шарм" у больных с острым нарушением мозгового кровообращения. При исследовании указанной группы больных на ЛДК "Шарм" с помощью диагностического блока в режиме "Диагностика Риодораку" у всех больных были найдены грубые отклонения по орга-

нам в зависимости от имеющейся патологии. У больных с ишемическими инсультами и гемипарезом на стороне гемипареза отмечалось "повышение" линии риодораку практически по всем меридианам. На вид графика также влияла сопутствующая патология. На фоне применения интенсивной медикаментозной терапии у 74 больных отмечалось значительное "возбуждение " по меридианам печени и почек. Типичные графики состояния показаны на рис. 5 и 6. Следует отметить в первую очередь, что у вышеуказанных больных имел место дисбаланс по показателю "право/лево". Разница этих показателей превышала 150-200% при норме 10-20%.



Пациент: B Пол: м Возраст: 48 N 0
Дата: 20.10.1995 Время: 9:36
Диагноз: Острое нарушение мозгового кровообр. после 10 сеансов КВЧ-терапии

Меридиан		Правый		Левый		
Легкие	P	-135	–	-104	–	
Перикард	MC	-91	–	-5		
Сердце	C	-27		68		– Угнетение
Тонкий кишечник	IG	-74		-99	–	
Тройной обогрев.	TR	-123	–	-128	–	
Толстый кишечник	GI	-141	–	-100	–	+ Возбуждение
Селезенка	RP	-35		-89		
Печень	F	399	+	447	+	
Почки	R	288	+	268	+	
Мочевой пузырь	V	-21		2		
Желчный пузырь	VB	-12		34		Средний ток - 87
Желудок	E	-63		-26		

Параметр	Ян	Инь	Ян/Инь
Ян, Инь	1055	1036	1.02
Параметр	Верх	Низ	Верх/Низ
Верх,Низ	949	1142	0.82

Параметр	Правая	Левая	Пр./Лев.
Сумма	1021	1070	0.94
E+VB+V	219	235	0.93
IG+TR+GI	233	236	0.98
C+MC+P	222	258	0.85
RP+F+R	347	341	1.02

Рис. 4.

Лечение группы больных с ишемическим инсультом (36 человек) проводилось по методике ЛДК "Шарм". КВЧ-воздействие прикладывалось к акупунктурным точкам по рецепту, основанному на предварительной диагностике и который корректировался в зависимости от текущего мониторинга. Процедура КВЧ-воздействия проводилась еже-

дневно на протяжении 16 дней в течение 5 мин на каждую из 5-7 точек, включенных в рецепт. Параллельно с этим десяти больным с ишемическим инсультом назначались ложные сеансы КВЧ-терапии (аппарат не включался).

По сравнению с контрольной группой у больных, которым проводились регулярные сеансы КВЧ-терапии по точкам акупунктуры, отмечалось раннее снижение спастики в конечностях на стороне гемипареза, быстрее восстанавливалась речь, реже отмечались такие осложнения, как гипостатическая пневмония, пролежни. Имело также место уменьшение времени пребывания больных в стационаре (койко-дни). Клинические результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Клинические результаты лечения инсультов				
Пациенты	к/д	Пневмония	Восст. речи	Всего
Ишемический инсульт	18,6	21%	63%	36
Контрольная группа	21,0	74%	52%	10
Средний показатель по отделению	21,1	76%	54%	98

Таким образом, результаты клинических испытаний показывают, что применение разработанных новых рефлексотерапевтических методов (имеется Российский патент на способ рефлексотерапии и устройство для его реализации) достаточно перспективно для лечения болезней типа нарушений мозгового кровообращения.

Этот новый подход заключается в эффективном сочетании компьютерной экспресс-диагностики и КВЧ-терапии, когда традиционная рефлексотерапия переводится на базу современной радиоэлектроники, а иглоукалывание заменяется КВЧ-воздействием, а синдромальная пульсодиагностика - компьютеризированными электрофизическими измерениями состояния всех меридианов. При этом можно обеспечить сохранение системного подхода древних медиков и всех ценностей восточной рефлексотерапевтической медицины. Комплекс может также обеспечить сочетание западного и восточного методов, так как включает в себя и диагностику по методу Фолля, и другие методы объективизации различного рода воздействий.

Статьи

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН КВЧ-ДИАПАЗОНА СОВМЕСТНО С ГБО У БОЛЬНЫХ С ДГПЖ И ПРИ ЕЕ СОЧЕТАНИИ С ХРОНИЧЕСКИМ ПРОСТАТИТОМ

О.Б.Лоран, А.Е.Вишневский, Я.Л.Дунаевский, В.И.Вашкевич

Кафедра урологии ММСИ им. Н.А.Семашко, г. Москва

Общеизвестны трудности достижения эффекта при проведении консервативной терапии доброкачественной гиперплазии предстательной железы (ДГПЖ) и хронического неспецифического простатита (ХНП). Часто встречающееся сочетание ДГПЖ и ХНП усиливает расстройства мочеиспускания и может привести к возникновению осложнений при аденомэктомии. Некоторые исследователи [1, 2] считают, что возникающие при ДГПЖ расстройства мочеиспускания в виде ночной поллакиурии, императивных позывов, императивного недержания мочи у части больных являются симптомами нестабильного мочевого пузыря и имеют необструктивный генез. С другой стороны, четко прослежена возрастная закономерность расстройств мочеиспускания. Основываясь на подсчете баллов по международной системе оценки симптомов (I-PSS) Chute [3], выявили, что балл более 7 в возрасте от 40 до 49 лет имели около 12% мужчин, от 50 до 59 лет - 17%, от 60 до 69 лет - 23%, от 70 до 79 лет - 29%, т.е. в возрасте старше 70 лет 1/3 мужчин имеет хотя бы минимальные жалобы на характер мочеиспускания. Следует подчеркнуть, что были обследованы лица, не страдающие ДГПЖ. Данное явление обусловлено возрастными изменениями, которые связаны прежде всего с уменьшением содержания и скорости обновления макроэргических связей, нарушением биологического окисления. Рост активности гликолиза не может компенсировать недостаточное формирование энергии при окислительно-восстановительных процессах в организме, что неизбежно приводит к тканевой гипоксии [4, 5]. Последняя усугубляется прогрессирующим нарушением пузырного кровообращения вследствие атеросклеротического поражения брюшной аорты и ее ветвей. Следует согласиться с мнением Ю.А. Пытеля [6], что и гиперплазия простаты может вносить свой вклад в развитие ишемии детрузора за счет механического сдавливания нижнепузырных артерий. Если процесс нарушений пузырного кровообращения обратим , то с помощью методов, устраняющих гипоксию детрузора, можно в определенной степени достичь влияния на выраженность обструктивно-ирритативных симптомов. В настоящей работе представлен опыт применения сочетанного воздействия электромагнитных волн миллиметрового диапазона (КВЧ-терапия) и гипербарической оксигенации (ГБО).

Материалы и методы

У 16 больных с ДГПЖ 1 стадии (1-я группа) и 17 - с сочетанием ДГПЖ и ХНП (2-я группа) КВЧ-терапия применялась совместно с ГБО. Средний возраст пациентов составил 61 год (49-76 лет). Другие методы лечения не применялись. Комплексное обследование больных до и после лечения включало пальцевое ректальное исследование, анализы секрета простаты и мочи в 3 порциях, по Нечипоренко, ультразвуковое и уродинамическое исследование, определение PSA, оценку частоты мочеиспускания, эффективного объема мочеиспускания. Использовалась международная система суммарной оценки качества жизни (L) и суммарного балла симптоматики (I-PSS).

Для выполнения КВЧ-терапии применялись отечественные аппараты "Явь-1М" с рабочими длинами волн 5,6 и 7,1 мм в режиме частотной модуляции. Облучатель установки выполнен в виде рупора с изолирующей насадкой, задающей определенное расстояние от рупора до облучаемой поверхности тела. У наших больных это расстояние не превышало 1 см. Курс лечения составил 10 процедур. Длительность каждого сеанса - 20 минут. Плотность потока мощности на разрыве рупора - 10 мВт/см^2. Эффективность КВЧ-терапии во многом зависит от правильного выбора длины рабочей вол-

ны и зоны воздействия. Как показали наши исследования [7, 8], в подавляющем большинстве случаев при заболеваниях предстательной железы оптимальной является рабочая длина волны 7,1 мм. При отсутствии клинического эффекта (если нет других очевидных причин) следует повторить курс КВЧ-терапии, используя рабочую длину волны 5,6 мм. Нами определены оптимальные зоны воздействия при заболеваниях предстательной железы - надлобковая область и промежность. Как показали клинические исследования [7], наиболее эффективным оказалось одновременное воздействие на обе зоны с помощью двух аппаратов "Явь-1М" одной и той же рабочей длины волны.

Общая гипербарическая оксигенация применялась при давлении 1,2-1,7 атмосферы с экспозицией 35-40 минут на барокамере "Ока-МТ". Курс лечения составлял 8-10 (в среднем 9) сеансов.

Результаты приведены в таблице.

Таблица

Результаты сочетанного применения КВЧ-терапии и ГБО

Показатели	Группа больных			
	1-я группа (ДГПЖ), n=16		2-я группа (ДГПЖ и ХНП), n=17	
	До лечения	После лечения	До лечения	После лечения
Число мочеиспусканий в сутки	14,5±2,2	12,0±2,0	14,8±1,6	8,5±0,9
Средний эффективный объем мочевого пузыря	162,4±26,2	188,7±13,8	83,6±24,2	199,0±29,1
Максимальная объемная скорость потока мочи, (мл/с)	11,3±2,6	17,4±1,9	10,4±2,9	13,1±2,1
I-PSS*	12,1±3,4	10,1±0,7	13,4±2,6	7,0±3,2
L**	4,3±1,2	3,1±0,8	3,6±2,1	2,0±1,8
Количество лейкоцитов в секрете простаты	-	-	46,8±4,3	20,2±4,2

* - балл по международной таблице оценки простатических симптомов;
** - индекс качества жизни.

Результаты

В современных представлениях о патогенезе многих заболеваний ведущее место отводится гипоксическим нарушениям метаболизма клетки. В нашей клинике проведены исследования, доказывающие, что в патогенезе расстройств акта мочеиспускания у больных с ДГПЖ имеет место тяжелая гипоксия детрузора, которая на ультраструктурном уровне проявляется изменениями всех компонентов ткани мочевого пузыря различной степени выраженности. Дистрофия, гипертрофия, атрофия мышечных клеток в той или иной степени проявлялись у всех исследованных больных. Выявленные изменения сократительных структур детрузора сопровождались склеротическим поражением кровеносных сосудов микроциркуляторного русла [9]. В основе же терапевтического воздействия ГБО лежит значительное увеличение кислородной емкости жидких сред организма (кровь, лимфа, тканевая жидкость и др.), которые при этом становятся мощными переносчиками кислорода к клеткам. Жидкие среды организма составляют 70% массы тела. Кислородная емкость их при ГБО повышается за счет увеличения растворения в них кислорода, что создает возможности для депонирования части кислорода в тканях. ГБО компенсирует практически любую форму кислородной недостаточности и прежде всего гипоксию, существенно удлиняет расстояние эффективной диффузии кислорода в тканях, обеспечивает метаболические потребности тканей, создает определенный резерв кислорода в организме. Кроме того, оксигенобаротерапия усиливает доставку кислорода не только в пораженные, но и в относительно интактные ткани или органы целостного организма, действует на все без исключения органы, ткани, клетки и субклеточные структуры, тем самым воздействуя на различные уровни адаптации организма, начиная с нейроэндокринного и кончая субклеточным.

Согласно современным представлениям, возникновение любого патологического

процесса в организме человека сопровождается генерацией пораженными клетками КВЧ-сигналов, частота которых определяется характером заболевания. Эти сигналы изменяют скорость течения биохимических процессов и ферментативную активность, приводя в действие механизмы, способствующие устранению нарушений. Воздействуя на поверхность тела больного дополнительно внешними КВЧ-сигналами нужной частоты (рабочая длина волны 5,6 или 7,1 мм), удается значительно усилить регрессию патологического процесса. Объяснение лечебного эффекта КВЧ-терапии состоит в резонансном поглощении энергии указанных волн клеточными мембранами, генерирующими электромагнитные колебания сходной частоты. Таким образом, электромагнитные волны миллиметрового диапазона имитируют сигналы управления самого организма на клеточном уровне. Соответственно и помощь организму при использовании КВЧ-воздействия от внешних источников связана с увеличением интенсивности сигналов, генерируемых на этих частотах, до величины, достаточной для эффективного управления восстановительными процессами [10-11].

В литературе сообщений о сочетанном воздействии ГБО и КВЧ-терапии в урологии нами не встречено. Однако, учитывая механизм действия того и другого метода, воздействия на различные звенья патогенеза в расстройстве мочеиспускания у больных с ДГПЖ и у больных, у которых ДГПЖ сочетается с ХНП, можно надеяться на успешное совместное применение этих методов той и другой группе.

При анализе таблицы обращает на себя внимание улучшение после совместного применения КВЧ-терапии и ГБО всех рассматриваемых показателей. Отсутствует лишь статистическая достоверность уменьшения размеров ДГПЖ. Более заметна положительная динамика объективных параметров мочеиспускания у больных 2-й группы (сочетание ДГПЖ и ХНП). Так, средняя частота мочеиспускания уменьшилась на 6,3 (с 14,8 до 8,5), а эффективный средний объем мочеиспускания увеличился на 105,4 мл (с 83,6 до 199 мл). В 1-й группе (пациенты с ДГПЖ) эти показатели изменились меньше - соответственно на 2,5 мочеиспусканий и 26,3 мл. У больных 2-й группы удалось достичь и заметного уменьшения активности воспалительного процесса. После лечения среднее количество лейкоцитов в секрете простаты уменьшилось более чем в 2 раза - с 46,8 до 20,2 лейкоцитов. Полученные результаты сказались и на оценке мочеиспускания симими больными. Показатель I-PSS уменьшился в 1-й группе на 2,0 балла, а во 2-й группе - на 6,4 балла. Показатель качества жизни L снизился в 1-й группе на 1,2 балла, а во 2-й группе - на 1,6 балла.

Выводы

Применение ГБО в сочетании с КВЧ-терапией в комплексной терапии расстройств мочеиспускания у больных с ДГПЖ, а также у больных с сочетанием ДГПЖ и ХНП является высокоэффективным методом лечения.

Литература

1. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. Физика процессов в организме при воздействии на него электромагнитных волн миллиметрового диапазона.- М.: Медицина.- 1989.
2. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. Особенности медико-биологического применения миллиметровых волн.- М.: Медицина.- 1994.
3. Дунаевский Я.Л., Сегал А.С., Семенова Л.С. Возможности применения КВЧ-терапии при хроническом простатите и его сочетании с аденомой простаты // Всерос. конф. "Физиотерапевтическая аппаратура, применение и перспективы развития на современном этапе".- М.- 1993.-С.32-33.
4. Дунаевский Я.Л., Сегал А.С. Возможности КВЧ-терапии при сочетании аденомы простаты и хронического простатита // Пленум Всероссийского общества урологов.- Курск.- 1993.- С.62-63.
5. Лоран О.Б., Вишневский А.Е. Консервативное лечение аденомы предстательной железы в сочетании с незаторможенным мочевым пузырем // 2 Национальный конгресс "Человек и лекарство".- М.- 1995.- С.273.
6. Пытель Ю.А., Борисов В.В. Анатомо-функциональные особенности и объяснение симптоматики аденомы предста-

тельной железы // Актуальные вопросы урологии.- Тула. 1985.-С. 81-90.
7. Фролькис В.В. Регулирование, приспособление и старение.- Киев.- 1981.
8. Фролькис В.В. Старение, нейрогуморальные механизмы.- Киев.- 1970.
9. Chute C.G., Panser L.A., Girman C.G., Oesterling J.E., Guess H.A., Jacobsen S.J., Lieber M.M. The prevalens of prostatism: A populatin-based survey of urinary symptoms.- J. Urol.-1993.- V.150.- P.85-89.
10. Hald T. Urodynamics in benign prostatic hyperplasia. A survey // The prostatic suppl.- 1989.- V.2.- P.69-77.
11. Speakman M.J., Bradiny A.F., Gilpin C.J., Dixon S.A., Gosling I.A. Bladder outflow obstruction cause of denervation supersensitivity // J. Urol.- 1987.-V.138.- P.1461-1467.

ЛЕЧЕБНЫЕ ЭФФЕКТЫ ПЛАЦЕБО И ОБЪЕКТИВНЫЕ КРИТЕРИИ ЦЕЛИТЕЛЬСТВА

И.В.Родштат

Институт радиотехники и электроники, г. Москва

Введение

Отраженные в названии нашей статьи вопросы являются отнюдь не праздными, так как, во-первых, научная разработка проблемы плацебо оказалась в наши дни существенно продвинутой вперед, а во-вторых, каждый раз в случае профессионального обсуждения результатов целительства они подвергаются аргументированному сомнению из-за неясности механизмов реализации самой лечебной процедуры. Мы решили поделиться с научной и медицинской общественностью рядом своих соображений по нескольким причинам.

Прежде всего, конечно, мы опираемся на многолетний опыт клинического и психофизиологического исследования разнообразных форм неврозов, в первую очередь истерии, которые порой довольно трудно диагностировать из-за их сходства с органическими заболеваниями мозга и внутренних органов [1]. А неверно сделанная диагностика, например истерии, может создать в случае ее успешного целительства иллюзию выздоровления от тяжелого органического процесса. Затем, занимаясь в течение ряда лет миллиметровой или что то же самое, КВЧ-терапией [2], мы обратили внимание на целую серию работ, в которых аргументируется близость миллиметрового радиоволнового и экстрасенсорного воздействий [3, 4]. Наши клинико-экспериментальные данные косвенно подтверждают это мнение [5]. ну и наконец, в своей клинико-экспериментальной работе мы неукоснительно используем метод двойного слепого контроля, который, как известно [6], позволяет нивелировать влияние личности, в том числе и личности целителя, на лечебный эффект терапевтического воздействия.

Однако рассмотрим все эти вопросы последовательно.

Дифференциальная диагностика невротических сенсомоторных и вегетативных синдромов

Грубое поражение головного мозга заметно уменьшает вероятность возникновения невротических синдромов. Наличие гипоталамической дисфункции или височного очага эпилептической (электроэнцефалографической) активности, стволовой микроорганики (глазодвигательной или вестибулярной), церебральных пирамидных расстройств (обычно односторонних) допускает диагностику невротических синдромов. Неврологическая оценка истерического припадка, помимо традиционных аспектов, включает анализ его начала и времени возникновения. Начало истерического припадка с локальных спазмов (век, языка, шеи, предплечий или голеней) нередко наблюдается у лиц с сопутствующей гипоталамической дисфункцией. В случае начала истерического припадка с вегетативных проявлений следует предположить наличие сопутствующего очага эпилептической (электроэнцефалографической) ак-

тивности. Отсутствие устойчивого ощущения истерического кома в горле делает указанное предположение более вероятным. При возникновении истерического припадка в дневное время чаще определяется правосторонний височный очаг, в случае их появления в дневное и ночное время - левосторонний височный очаг. При расположении височного очага справа у больных обычно не наблюдается диспептических расстройств во время истерического припадка. Кровохарканье в период истерического припадка с эритроцитарной формой выделений говорит о возможности эмоциогенных эрозий слизистой желудка. Болезненные синяки (экхимозы) обычно маркируют сторону истерического пареза. Билатеральные истерические парезы практически не встречаются у больных с истерическими припадками, особенно при наличии сопутствующей гипоталамической дисфункции. Истерические парезы в левой руке и/или ноге значительнно чаще развиваются у лиц с отсутствием поражения головного мозга. Истерическая астазия-абазия (в отличие от своего органического аналога) наблюдается в сочетании с другими невротическими синдромами. С достоверной частотой она встречается в картине полисиндромной истерии. Полисиндромные истерические расстойства говорят против деструктивного мозгового процесса.

Наличие симпато-адреналовых кризов с ощущением сердцебиений и устойчивым повышением артериального давления предполагает невротическую природу заболевания у лиц без признаков поражения головного мозга. Эмоциогенные подъемы артериального давления у больных неврозом сопровождаются преходящими атоническими запорами. Невротический генез фебрильных подъемов температуры весьма вероятен в случае их хорошей переносимости больными и наличии других признаков симпатикотонии: мидриаза, ощущения пересохших губ, сердцебиений.

Эффекты стандартного, нулевого и реверсного плацебо

Сегодня на профессиональном уровне не выделяют плацебо как интегральное понятие, а различают стандартное, нулевое и реверсное плацебо. По современным представлениям [7] психологическая природа плацебо определяется характером оценок ожидания и направленностью ожидания. Дифференцируют первичные (непосредственные) и вторичные (опосредованные) оценки ожидания, которые отражают выводы пациента по поводу своей реакции на предъявление плацебо. В психологии восприятия [8] эти два вида оценок хорошо вписываются в классические представления о перцептивной идентификации (связывание стимула с некоторым родовым ответом) и о дискриминации (нахождение ответа на основе деталей самого стимула). Направленность ожидания, в свою очередь, приобретает в данном контексте двоякую форму: ожидание противоположного (имеющимся у больного расстройствам) действия и ожидание параллельного действия. Если первый вариант направленности ожидания обычно сравнивается со стрелой, поражающей цель, то второй вариант направленности ожидания сравнивают с борьбой противоположных начал, например добра и зла. Если у больного имеет место сочетание первичных оценок ожидания и ожидания противоположного действия, то формируется стандартное плацебо (состоявшееся ожидание). Оно лучше всего соответствует традиционному пониманию плацебо, как фактору, который помогает врачу лечить, а больному выздоравливать. Если у больного имеет место сочетание первичных оценок ожидания и ожидания параллельного действия, то формируется нулевое плацебо. Нулевое плацебо, как правило, блокирует лечебный эффект любого лекарственного средства. Если у больного имеет место сочетание вторичных оценок ожидания и ожидания параллельного действия, то формируется реверсное плацебо (изменения обратные ожидавшимся). В этом случае вопреки логике лекарственного эффекта наблюдается ухудщение в проявлениях и течении болезни.

В свое время мы провели сравнение [9] эффектов имитации лечебного воздействия миллиметровых радиоволн низкой интенсивности с эффектами имитации приема современных фармакологических средств, использовав материалы соответственно советских [10] и американских [11] авторов при лечении неосложненных гастродуоденальных язв. При сравнении обращало на себя внимание практически полное совпадение терапевтического эффекта (стандартное плацебо)

имитации КВЧ-облучения (75% полного или частичного заживления язвы) и имитации приема современных фармакологических средств (76% полного или частичного заживления язвы).

Далее мы сопоставили эффект имитации КВЧ-облучения с эффектом реального КВЧ-облучения точек акупунктуры и зон Захарьина-Геда у больных с неосложненной гастродуоденальной язвой. Весьма важно подчеркнуть, что речь идет о результатах тех же самых авторов [10]. Не вдаваясь в детали, сразу скажем, что реальное КВЧ-облучение дает существенную прибавку числа полных заживлений язвы по сравнению с имитацией облучения как в случае воздействия на точки акупунктуры (30%), так и в случае воздействия на зоны Захарьина-Геда (20%). В целом процент заживлений (с учетом случаев частичного заживления) увеличился несколько меньше: на 18% - при реальном облучении точек акупунктуры и на 19% - при реальном облучении зон Захарьина-Геда.

Говоря о плацебо, сегодня имеют в виду не чисто психологические свойства, а мощные психофизиологические сдвиги в организме человека, в частности, резкое изменение активности норадреналина, адренокортикотропного гормона (АКТГ), альфа-меланоцитстимулирующего гормона (α-МСГ), бета-эндорфина, ацетилхолина в лимбической системе головного мозга. Дело в том, что роль классической теории плацебо в психологии выполняет концепция ожидания или экспектации [12]. Мотивационным процессам в ней отводится место одного из условий успешного обучения [13]. Близость к мотивационным процессам декларируется и в самом названии обсуждаемого феномена (латинское слово "плацебо" является формой будущего времени от "плацере" - нравиться). В нейрофизиологическом же аспекте мотивационные процессы предположительно определяют регуляцию степени консолидации следа при обучении, что у человека, по-видимому, осуществляется в гиппокампе [14]. Причем оптимальная прочность временной связи обусловлена некоторым снижением активности норадреналина (на 20-25%). Наиболее очевидно в пределах лимбической системы (а это не только гиппокамп, но и энторинальная кора, свод, гипоталамус, передние отделы зрительного бугра, поясная извилина, продольные полоски, т.е. комплекс функционально скоординированных структур на медио-базальной поверхности каждого полушария головного мозга) связаны с мотивационными процессами при обучении АКТГ и α-МСГ. Оба близки по своему происхождению (аркуатное ядро медиального гипоталамуса) и функциональной значимости в обсуждаемом аспекте, а именно, являются гуморальными факторами поддержания интереса к окружающей среде [15]. Бета-эндорфин устраняет информационную перегрузку при обучении, хотя клиницистам более известен как эндогенный опиат. Психологическая дифференцировка при обучении связана с синтезом ацетилхолина в дорзальном гиппокампе [16].

При анализе биохимического спектра изменений, инициируемых миллиметровым радиоволновым воздействием, невольно обращаешь внимание на его известное сходство с гуморальным сдвигом в структурах лимбической системы головного мозга при формировании плацебо. К примеру, в случае мотивированного обучения, лежащего в основе плацебо-эффектов, оптимизация прочности временной связи наступает, как уже упоминалось, при некотором снижении активности норадреналина (на 20-25%). При миллиметровом радиоволновом воздействии в ткани гипоталамуса у экспериментальных животных, по данным Н.П.Залюбовской [17], также происходит снижение активности норадреналина. После десятой процедуры КВЧ-облучения активность снижается на 17%, после двадцатой - на 37%, после тридцатой - на 36%. Наиболее связаны с мотивационными процессами при обучении, как уже упоминалось, АКТГ и α-МСГ, продуцируемые аркуатным ядром медиального гипоталамуса. АКТГ при миллиметровом радиоволновом воздействии, по-видимому, гипоталамо-гипофизарного происхождения, учитывая увеличение в ткане гипоталамуса адреналина [17], который служит лимитирующим фактором секреции для кортикотропин-рилизинг-гормона. Поскольку универсальное лечебное действие стандартного плацебо, по-видимому, связано с гуморальным сдвигом, т.е. по существу с эффектами эндогенного лекарства, которые типичны и для КВЧ-терапии, то явно напрашивается следующее предположение. А именно, что уни-

версальный лечебный эффект КВЧ-терапии объясняется сходным с плацебо гуморальным сдвигом в лимбической системе головного мозга. Можно ли обозначить непосредственный лечебный эффект КВЧ-терапии, обсуждавшийся выше, в терминах клинической психологии, сопоставимых с понятием плацебо? Оказывается можно, поскольку для такого рода эффектов существует понятие псевдоплацебо или ложного плацебо [18].

Риторические и фундированные критерии излечения

Как известно, слово риторический происходит от греческого rhetorikos и означает "словесно украшенный". В свою очередь, слово фундированный происходит от латинского fundus и означает "твердый, закрепленный". Мы же избрали слово фундированный для обозначения тех критериев излечения, которые верифицированы слепым контрольным исследованием либо находят подтверждение в экспериментальных данных, полученных in vitro и/или in vivo на лабораторных животных. Слово риторический мы избрали для обозначения тех критериев излечения, которые основаны на неконтролируемых слепым исследованием клинических впечатлениях либо не нашли (пока не находят) подтверждения в экспериментальных данных, полученных in vitro и/или in vivo на лабораторных животных.

Один из самых распространенных риторических критериев эффективности сводится к уменьшению обилия жалоб больного. Напомним читателям, что обилие жалоб коррелирует с тест-оценкой нейротизма [19]. Согласно создателю указанной психодиагностической шкалы H.Eysenk'у (цитируется по [20], высокий бал по шкале нейротизма соответствует снижению порога активации лимбической системы или, другими словами, отражает эмоциональную нестабильность в смысле повышенной реактивности в ответ на события во внутренней среде организма, т.е. в ответ на колебания организмических потребностей и состояний. Следовательно, уменьшение обилия жалоб больного говорит только о стабилизации его эмоциональности. В этом контексте представляет интерес обсуждение тех клинических случаев, когда лечебное воздействие сопровождается улучшением самочувствия при сохраняющемся соматическом неблагополучии больных. В качестве примера сошлемся на исследование, в котором наблюдалось исчезновение болевых ощущений у лиц с эрозивными гастритами и дуоденитами при КВЧ-терапии [21]. Несмотря на полное исчезновение болей, у большинства пациентов сохранялись эндоскопические признаки эзофагита, гастрита, дуоденита. У большинства из них после, казалось бы, благополучного лечения сохраняются и эрозии слизистой. При ближайшем рассмотрении оказывается, что подобный вариант риторических критериев эффективности наблюдается и у больных ишемической болезнью сердца, страдающих тяжелой стенокардией [22]. В частности, описан непосредственный эффект улучшения после курса КВЧ-терапии у 40 пациентов из 45 обследованных. Причем хорошим считался лечебный эффект КВЧ-терапии при полном исчезновении приступов стенокардии покоя и значительном урежении числа приступов стенокардии напряжения (не более 1-2 таблеток нитроглицерина в сутки). Пациентов с таким хорошим эффектом было более половины (26 из 45). Удовлетворительным считался лечебный эффект при значительном урежении приступов стенокардии покоя и исчезновении либо урежении и более легком купировании приступов стенокардии напряжения. Однако несмотря на столь впечатляющий лечебный эффект лишь у 14 больных из 45 отмечались объективные признаки уменьшения степени коронарной недостаточности по данным ЭКГ. Заметим, что авторы ведут речь о распространенном стенозирующем атеросклерозе венечных сосудов сердца. Улучшение самочувствия больных с регрессом болевого синдрома, как следует из только что цитированной работы [22], наступало после 4-й или 5-й процедуры КВЧ-терапии. Об аналогичном по времени (на 3-5 день) купировании болевого синдрома при парэнтеральном введении даларгина, который является синтетическим аналогом лейэнкефалина, сообщают Н.П.Богданов с соавторами [23].

В этой связи отметим, что неспецифическое ощущение в случае облучения кожи миллиметровыми радиоволнами низкой интенсивности возникает с латенцией в 40-50 секунд [24]. Примерно такую же латенцию имеет модулирующее действие дофамина на

медленный возбуждающий постсинаптический потенциал, обусловленный ацетилхолином, в так называемых МИФ-нейронах (малых интенсивно флуоресцирующих) [25]. Они расположены в вегетативных ганглиях поодиночке или группами в 3-20 клеток. Отношение их к общему числу клеток в ганглии не достигает 0,1%, но именно МИФ-нейроны являются источником существенного повышения в крови концентрации адреналина и норадреналина [26]. Последнее обстоятельство, т.е. повышение в крови концентрации адреналина и норадреналина, экспериментально отмечено при КВЧ-воздействии на лабораторных животных Н.П.Залюбовской [17]. Практическое совпадение величин латенции флуорофора (дофамина) со временем индикации сенсорного ощущения говорит о том, что МИФ-нейроны являются ключевым звеном в реализации взаимодействия миллиметровых радиоволн с организмом. Заметим также, что вокруг МИФ-нейронов обнаружена сеть энкефалинположительных нервных окончаний [27], а в самих флуоресцирующих клетках - метэнкефалин [25]. Таким образом, создается впечатление, что регресс болевого синдрома после 4-5 процедуры миллиметровой терапии при сохранности патоморфологического субстрата болезни связан с лечебным эффектом ряда нейропептидов, в частности энкефалинов. Адекватная верификация с помощью лабораторных методов и слепого контроля этого нашего впечатления может перевести указанный критерий, на сегодня еще риторический, в критерий фундированный.

Один из наиболее разработанных критериев эффективности КВЧ-терапии из числа фундированных сводится к нормализации так называемых паракоагуляционных проб. Лабораторный феномен паракоагуляции состоит в денатурирующем действии диагностического вещества на некоторые белки плазмы крови [28], т.е. в разрыве водородных связей в белковой молекуле, в отличие от процесса коагуляции, который вызывается разрывом ковалентных связей. Классическими паракоагуляционными пробами являются бета-нафтоловая, этаноловая и протаминсульфатная. Они позволяют диагностировать диссеминированное внутрисосудистое свертывание (ДВС) крови либо массивный тромбоз. То есть, нормализация паракоагуляционных проб при сочетанной КВЧ-терапии говорит о регрессе имеющегося диссеминированного внутрисосудистого свертывания крови либо массивного тромбоза. Существует определенная избирательность в эффектах упомянутых паракоагуляционных проб в зависимости от стадии диссеминированного внутрисосудистого свертывания крови [29]. Так, в начальных фазах развития диссеминированного внутрисосудистого свертывания крови положительный результат дают бета-нафтоловая и этаноловая пробы, а в более поздних фазах - протаминсульфатная проба. Это связано с тем, что бета-нафтоловая и этаноловая пробы чувствительны к образующимся при диссеминированном внутрисосудистом свертывании крови комплексам фибрин-мономера с фибриногеном, а протаминсульфатная проба чувствительна к комплексам фибрин-мономера с продуктами деградации фибрина и фибриногена. Таким образом, нормализация бета-нафтоловой и этаноловой проб при сочетанной миллиметровой терапии будет говорить о регрессе начальных фаз диссеминированного внутрисосудистого свертывания крови, а нормализация протаминсульфатной пробы - о регрессе более поздних, и соответственно клинически более тяжелых фаз патологического процесса.

Согласно нашим данным, лечебный эффект сочетанной с лекарственными средствами КВЧ-терапии при инсультном ДВС-синдроме в 1,5 раза превышает лечебный эффект традиционной для диссеминированного внутрисосудистого свертывания крови лекарственной терапии [30]. Согласно же диссертационным данным С.В.Семеновой [31], лечебный эффект плацебо, естественно присутствующий при сочетанной КВЧ-терапии обширных и трансмуральных инфарктов миокарда, не распространяется на показатели паракоагуляционных проб. Мы объяснили это следующим образом [32]: в отличие от феномена истинной коагуляции, который определяется разрывом ковалентных связей и наблюдается в естественных условиях организма, феномен паракоагуляции не возникает при температуре тела, поскольку один из субстратов этого процесса, а именно комплекс фибриногена с мономерным фибрином, образуется при 20°С, т.е. являет-

ся in vitro новым эффектом и поэтому свободен от влияния факторов плацебо.

Диссеминированное внутрисосудистое свертывание крови представляет собой неспецифический общепатологический процесс, наблюдаясь в согласии с общепринятыми представлениями [33] при: 1) септических состояниях; 2) всех видах шока; 3) травматичных хирургических вмешательствах; 4) в случае всех терминальных состояний, а именно, при преагональном состоянии, которое отождествляется с тяжелой комой; в случае агонии, которая отождествляется с запредельной комой; при клинической смерти; 5) при несовместимых переливаниях крови: 6) в случае всех тяжелых форм акушерской патологии; 7) опухолях и особенно при гемобластозах; 8) деструктивных процессах в печени, почках и поджелудочной железе; 9) термических и химических ожогах; 10) аутоиммунных процессах; 11) лекарственных аллергиях; 12) обильных кровотечениях; 13) затяжной гипоксии и др.

То есть, эффект нормализации паракоагуляционных проб может оказаться тем оптимальным по сути тестом, который в состоянии продемонстрировать действенность целительства при довольно широком круге тяжелых органических заболеваний. Но мы хотим пока воздержаться от далеко идущих заключений.

Литература

1. Родштат И.В. Неврологические аспекты невротических синдромов и некоторых соматических заболеваний: Дис... докт. мед. наук.- М.: 1-й Московский медицинский институт им. И.М.Сеченова.- 1979.- 361 с.
2. Родштат И.В. Миллиметровая терапия и уровень клиницизма врача // Миллиметровые волны в биологии и медицине.- 1996.- N7.- С.35-40.
3. Волченко В.Н., Колбун Н.д., Лобарев В.Е., Белоногов А.П. Методика акупунктурного воздействия электромагнитного излучения ММ диапазона для регулирования состояний человека // Медико-биологические аспекты миллиметрового излучения.- М.: ИРЭ АН СССР.- 1987.- С.79-85.
4. Волченко В.Н., Колбун Н.Д., Лобарев В.Е. Информационные электромагнитные взаимодействия оператора и биообъектов в ММ диапазоне длин волн // Миллиметровые волны в медицине и биологии.- М.: ИРЭ АН СССР.- 1989.- С.115-120.
5. Родштат И.В. Некоторые вопросы терминальных состояний, процесса смерти, субстанций человека в контексте КВЧ-терапии. Препринт N3 (591).- М.: ИРЭ РАН.- 1994.- 23 с.
6. Психологический словарь.- М.: Педагогика.- 1983.- 447 с.
7. Ross M., Olson J.M. An expectancy-attribution model of the effects of placebos // Psychological Review.- 1981.- V.88, N5.- p.408-437.
8. Робер Франсе Восприятие формы и объектов // Экспериментальная психология.- М.: Прогресс.- 1978.- Вып.VI.- С.237-301.
9. Родштат И.В. Плацебо как мотивированная форма обучения в контексте КВЧ-терапии // Миллиметровые волны в медицине: Сборник статей.- М.: ИРЭ АН СССР.- 1991.- Т.1.- С.166-174.
10. Гассанов Л.Г., Зелинский В.А., Писанко О.И. и др. Применение электромагнитного КВЧ-излучения низкой интенсивности для лечения неосложненной гастродуоденальной язвы // Электронная промышленность.- 1987.- N1.- С.31-33.
11. Isenberg J.I., Peterson W.I., Elashoff J.D. et al. Healing of benign gastric ulcer with low-dose antacid or cimetidine:A double-blind, randomised, placebo-controlled trial // New England Journal of Medicine.- 1983.- V.308, №22.- P.1319-1324.
12. Frank D.R. Psychological theories of the effect of placebos with special consideration for the attribution theory // Pharmacopsychiatry.- 1986.- V.19, N4.- P.337-338.
13. Монпеллье Ж. Научение // Экспериментальная психология.- М.: Прогресс.- 1973.- Вып. IУ.- С.59-137.
14. Милнер П. Физиологическая психология.- М.: Мир.- 1973.- 647 с.
15. Born J., Fehm H.L., Voigt K.H. ACTG and attention in humans: A review // Neuropsychobiology.- 1986.- V.15, N3-4.- P.165-186.
16. Кругликов Р.И. Нейрохимические механизмы обучения и памяти // Физиология

поведения: Нейрофизиологические закономерности.- Л.: Наука.- 1986.- С.633-698.
17. Залюбовская Н.П. Биологические реакции как основа гигиенической оценки электромагнитных волн миллиметрового диапазона: Дис...докт. биол. наук.- Харьков: Харьковский гос. ун-т.- 1979.- 325 с.
18. Gross F. Placebo - the universal drug//Method of information in medicine.- 1984.- V.23, N4.- P.176-182.
19. Fahrenberg J. Korperlich-funktionelle Beschwerden und Personlichkeitsmerkmale // Nervenarzt.- 1969.- N3.- S.111-116.
20. Похилько В.И., Шмелев А.Г. Психодиагностика черт (тест-опросники и субъективное шкалирование) // Общая психодиагностика.- М.: Изд-во Московского ун-та.- 1987.- С.113-134.
21. Саенко В.Ф., Бахарев А.М., Пясецкий В.И., Черная И.С. Эффективность КВЧ терапии в комплексном лечении гепатодуоденальной зоны // Аппаратный комплекс "Электроника КВЧ" и его применение в медицине.- М.: НПО "Сатурн".- 1991.- С.94-100.
22. Ганелина И.Е., Степанова Т.А., Корнеев В.А. Опыт применения миллиметрового излучения низкой интенсивности в комплексной терапии больных ишемической болезнью сердца, страдающих тяжелой стенокардией // Миллиметровые волны в медицине: Сборник статей.- М.: ИРЭ АН СССР.- 1991.- Т.1.- С.40-47.
23. Богданов Н.П., Мельников В.Н., Писанко О.И., Пясецкий В.И. Проблема действия низкоинтенсивного КВЧ излучения на организм человека // Аппаратный комплекс "Электроника-КВЧ" и его применение в медицине.- М.: НПО "Сатурн".- 1991.- С.61-65.
24. Лебедева Н.Н. Сенсорные и субсенсорные реакции здорового человека на периферическое воздействие низкоинтенсивных ММ-волн // Миллиметровые волны в биологии и медицине.- 1993.- №2.- С.5-23.
25. Libet B. Functional roles of SIF-cells in slow synaptic actions//Histochemistry and cell biology of antonomic neurons, SIF-cells and paraneurons.- New York: Raven Press.- 1980.- V.25.- P.111-118.
26. Helen P., Alho H., Hervonen A. Ultrastructure and histochemistry of human SIF-cells and paraganglia // Histochemistry and cell biology of autonomic neurons, SIF-cells and paraneurons.- New York: Raven Press.- 1980.- V.25.- P.149-152.
27. Йохансон О., Хекфельт Т., Эльде Р.П. и др. Иммуногистохимическое распределение энкефалиновых нейронов // Эндорфины.- М.: Мир.- 1981.- С.61-78.
28. Зубаиров Д.М., Литвинов Р.И. Природа фибриногена В-растворимых комплексов фибрин-мономера, осаждаемых этанолом и бета-нафтолом//Биохимия.- 1980.- Т.45, N6.- 1059-1067.
29. Иванов Е.П., Цирко Д.Г., Иванов В.Е. Определение растворимых комплексов мономеров фибрина в плазме с учетом уровня фибриногена//Лабораторное дело.- 1989.- N12.- С.38-43.
30. Карлов В.А., Родштат И.В., Калашников Ю.Д., Китаева Л.В. Применение аппарата "Электроника-КВЧ" при лечении ДВС-синдрома у больных с сосудистыми заболеваниями головного и спинного мозга // Аппаратный комплекс "Электроника-КВЧ" и его применение в медицине.- М.: НПО "Сатурн".- 1991.- С.112-119.
31. Семенова С.В. Влияние электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на функциональное состояние системы гемостаза у больных инфарктом миокарда: Автореф. дис... канд мед. наук.- Саратов: Саратовский гос. мед. ун-т.- 1994.- 25 с.
32. Родштат И.В. Поиск оптимальных критериев эффективности миллиметровой терапии // Миллиметровые волны в биологии и медицине.- 1995.- N5.- С.61-64.
33. Баркаган З.С. Геморрагические заболевания и синдромы.- М.: Медицина.- 1988.- 527 с.

Therapeutic Effects of Placebo and Objective Criteria of Healer's Methods

The paper is intended to attract general attention to the objective criteria of the results of healing on the basis of the author's own experience as well as on many years' clinical and experimental research..

Статьи

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РОСТ И ИОННЫЙ СТАТУС СРЕДЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ У S.PLATENSIS

А.Х.Тамбиев, Н.Н.Кирикова, Е.Н.Маркарова

Московский государственный университет, г.Москва

Введение

Проводимое в течение ряда лет изучение влияния электромагнитного излучения на рост и физиологическую активность некоторых фотосинтезирующих организмов показало, что при определенных режимах оно стимулирует ростовые процессы, увеличивает интенсивность фотосинтеза, влияет на транспорт ионов через поверхностную мембрану клеток [1, 2].

Для культивирования фототрофных микроорганизмов, использующих углекислоту как субстрат фотосинтетической ассимиляции углерода, применяют минеральные среды, которые включают набор солей, обеспечивающих питание клеток микроорганизмов необходимыми макро- и микроэлементами [3]. В условиях стационарного культивирования микроорганизмов в замкнутом объеме состав среды, количество и соотношение минеральных компонентов питания по мере роста культуры изменяются. Это показано ранее для Anabaena variabilis [4] и Spirulina platensis [5]. Изменение состава среды связано с поглощением ионов клетками микроорганизмов или выделением их в среду. Оба эти процесса: и поглощение, и выделение ионов - зависят от фазы роста культуры и физиологического состояния клеток и их биосинтетической активности, поэтому минеральная питательная среда для культивирования микроорганизмов является динамической системой. Факторы, оказывающие воздействие на физиологическую активность клеток микроорганизмов, в частности КВЧ-излучение, могут влиять на свойства культуральной среды: ее состав, концентрацию ионов, их соотношение и кислотность среды.

Целью настоящей работы было изучение влияния КВЧ-излучения при длинах волн 7,1; 7,89; 6,66 мм и комбинированного облучения на рост цианобактерии Spirulina platensis и на изменение концентрации ионов натрия и нитрата в среде культивирования.

В настоящее время этим ионам уделяется большое внимание при характеристике влияния минеральных компонентов среды на физиологию цианобактерий, особенно алкалофильных групп [6].

Методика

Исследования проводили с альгологически чистой культурой цианобактерии (прокариот) Spirulina platensis (Nordst.) Geitl. Культивирование проводили на жидкой среде Зарука в стационарных условиях при температуре 30-35°С в люминостате при освещенности 1000-1500 лк [7].

Для непрерывного однократного облучения культур использовали генератор высокочастотных сигналов Г4-141. Условия опытов меняли по частоте, плотности падающей мощности и продолжительности облучения. Облучение культур S.platensis проводили в тонком слое жидкой среды Зарука. 10-суточную культуру спирулины наливали объемом 6 мл в специальные сосуды из фторопласта типа чашек Петри с завинчивающимися крышками. Перед опытом сосуды стерилизовали сухим жаром. Рупор генератора подводили снизу и проводили облучение в заданном режиме.

Импульсное облучение культуры S.platensis осуществляли генератором обратной волны с релятивистским электронным пучком на длине волны 3 см. Длительность импульса 10 нс. Изменение частоты во время импульса 10%. Средняя плотность падающей мощности 200 кВт/см^2. Время между импульсами - 6 мин. Количество импульсов - 10 [8].

Схема проведения опытов по комбинированному облучению (ММ-диапазон и СМ-диапазон ЭМИ) была следующей: облучение проводили на агаризованной среде Зарука с 10- суточной культурой S.platensis, сначала культуру подвергали однократному воздействию КВЧ-излучения

при различных параметрах, затем на эту же культуру действовали импульсным облучением.

Биомассу микроводорослей определяли нефелометрически по величине экстинкции Е при 540 нм (ФЭК КФК-2, СССР), а также по массе сухих клеток с помощью доведенных до постоянного веса мембранных фильтров "Millipor" (0,45 мк).

Концентрацию ионов в культуральной жидкости определяли следующим образом: пробу центрифугировали на центрифуге марки ОПн-89ХЛ4.2 в течение 30 мин при 6000 об./мин, а затем фильтровали через мембранные фильтры "Millipor" (диаметр пор 0,45 мк) с помощью специальной насадки. Для измерений использовали иономер "Orion EA-920" (США) в сочетании с селективными электродами. Способ определения включает калибровку прибора с электродом по двум стандартным растворам известной концентрации и анализ раствора неизвестной концентрации. При измерении концентрации селективными электродами во все пробы и стандартные растворы добавляли ISA (регулятор ионной силы), так что фон ионной силы становился высоким и постоянным относительно различных концентраций ионов.

Результаты и обсуждение

При используемом нами стационарном способе культивирования, когда суспензия клеток микроорганизмов выращивается в культиваторе, имеющем замкнутый объем, с периодическим пересевом нарастающей культуры, существенную роль для физиологического состояния клеток и культуры в целом имеет возраст и величина начального инокулята, т.е. клеток исходно вносимых в заданный объем питательной среды.

Ранее нами было установлено, что стимулирующий эффект облучения ЭМИ ММ-диапазона зависит от возраста инокулята [9].

Далее нам казалось необходимым выяснить, как будут меняться ростовые характеристики S.platensis при разном количестве внесенного инокулята. На рис.1 представлены данные, иллюстрирующие величину относительного (по сравнению с контролем) прироста биомассы после облучения культуры S.platensis при 7,1 мм в течение 30 мин.

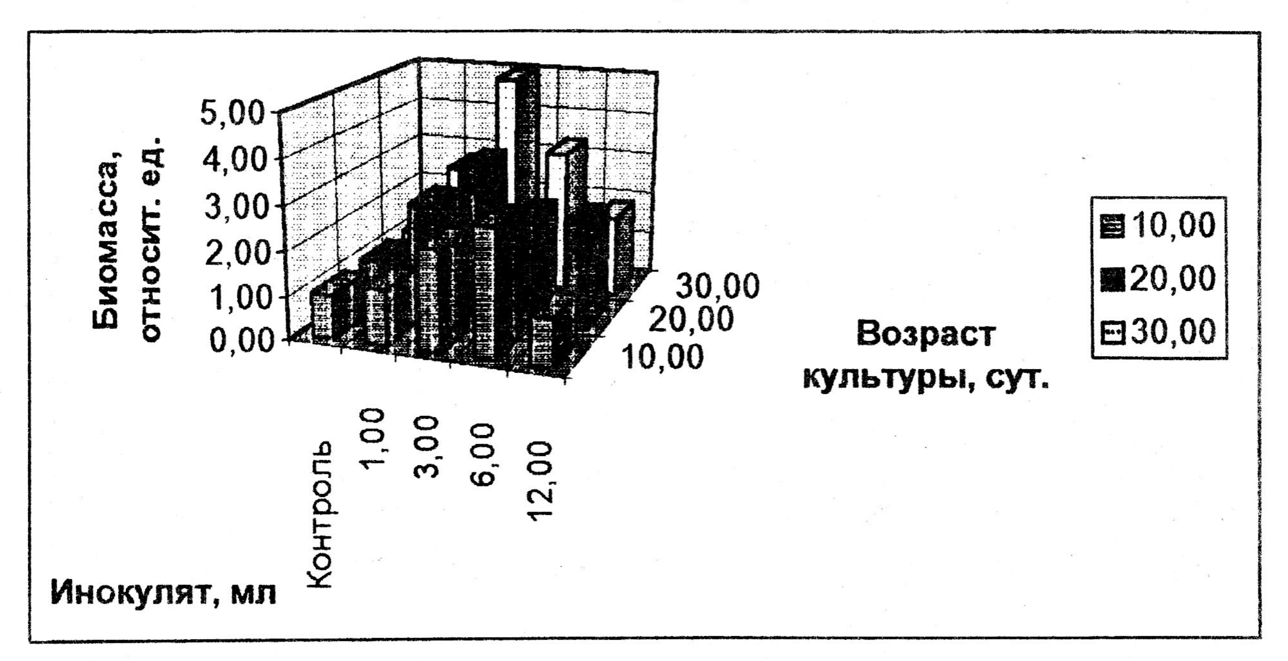


Рис. 1. Прирост биомассы у облученной S.platensis в зависимости от величины инокулята и возраста культуры. Контроль - биомасса необлученной S.platensis, принятая за 1

Как в необлученной, так и в облученной культуре спирулины мы не наблюдали в динамике развития прямой корреляции прироста биомассы с количеством внесенного инокулята. Наибольшая стимуляция роста была получена при внесении 3 мл облу-

ченного инокулята как в 20-суточной (347%), так и в 30-суточной культуре (500%). При внесении 1 мл инокулята прирост биомассы у облученной культуры в период от 20 до 30 суток был незначительным. При объеме инокулята в 12 мл прирост биомассы к 30 суткам даже снижается, что можно объяснить процессами аутоингибирования внеклеточными продуктами при высокой начальной плотности культуры и более ранним наступлением стационарной фазы развития. Таким образом, начальная плотность инокулята также, как и его возраст, влияет на величину стимулирующего эффекта КВЧ-излучения.

Облучение влияло не только на рост культуры спирулины, но и на взаимодействие клеток микроорганизмов с минеральными компонентами питательной среды. Мы обнаружили при культивировании облученной S.platensis увеличение содержания иона натрия в среде. Оно проявлялось и на 10-е, и на 20-е сутки роста и тоже зависело от величины инокулята. Облучение влияло на концентрацию натрия в среде на 10-е сутки при величине инокулята 1 и 3 мл, а на 20-е сутки - при величине инокулята 1, 3 и 6 мл. Интересно, что влияние облучения на содержание натрия в среде не всегда коррелирует с влиянием его на рост культуры. Это свидетельствует о том, что эффект зависит не только от количества клеток в культуральном объеме, а может являться следствием влияния облучения на процесс транспорта ионов в клетку и из клетки (см. рис.2).

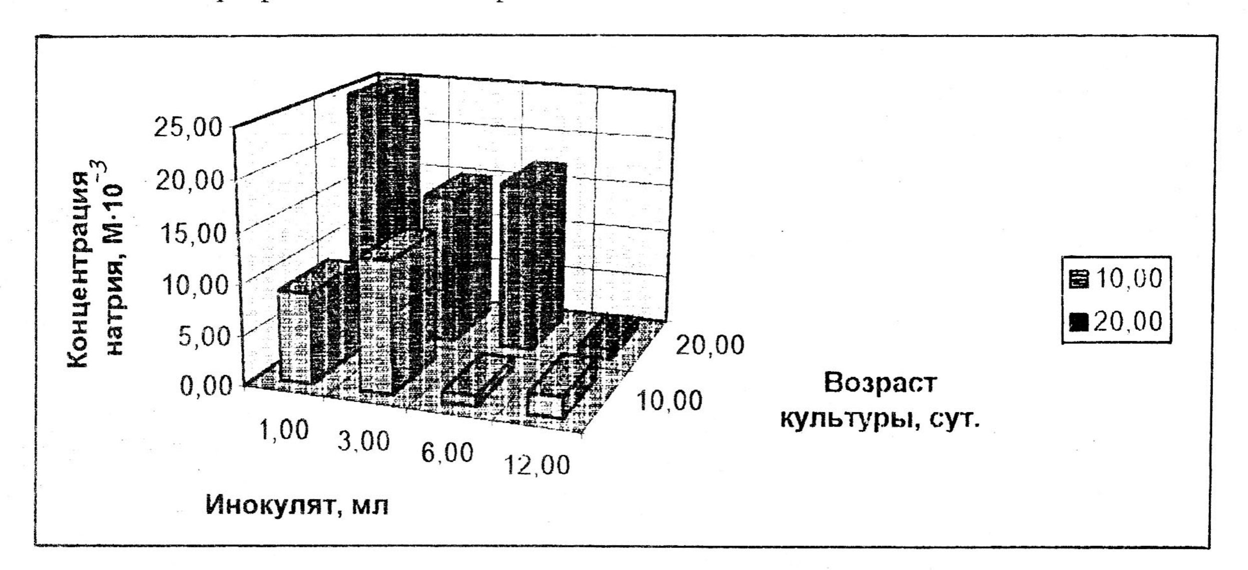


Рис. 2. Изменение концентрации натрия в среде у облученной S. platensis при 7,1 мм в зависимости от величины инокулята и возраста культуры

Ранее была показана стимуляция прироста биомассы после однократного облучения S.platensis КВЧ-излучением при 7,89; 7,1 и 6,66 мм в течение 30 мин [10]. Регистрация изменения концентрации натрия и нитрата в среде в процессе роста облученной при тех же параметрах культуры показала стимуляцию выделения иона натрия при всех параметрах излучения. Она была максимальной на 10-е сутки роста культуры и несколько более значительна после облучении при 6,66 мм (рис.3). Облучение культуры влияло и на динамику нитратного иона в среде, хотя изменения концентрации этого иона были менее значительны и выявлялись более всего на 20-е сутки культивирования. Концентрация нитрата уменьшалась при облучении в 1,26 раза по сравнению с контролем, что, по-видимому, связано с его большим поглощением из среды.

Как было показано в наших предыдущих опытах [8], при комбинированном воздействии итоговый стимулирующий эффект зависит как от частоты предварительного облучения ЭМИ ММ-диапазона, так и от количества импульсов при последующем облучении ЭМИ СМ-диапазона. Максимальная стимуляция биомассы S.platensis была дости-

Статьи

гнута при воздействии на клетки 10 имульсами СВЧ наносекундной длительности.

Интересные данные по приросту биомассы и изменению концентрации натрия и нитрата в среде были получены нами при облучении комбинированным излучением, сочетающим непрерывное и импульсное воздействие.

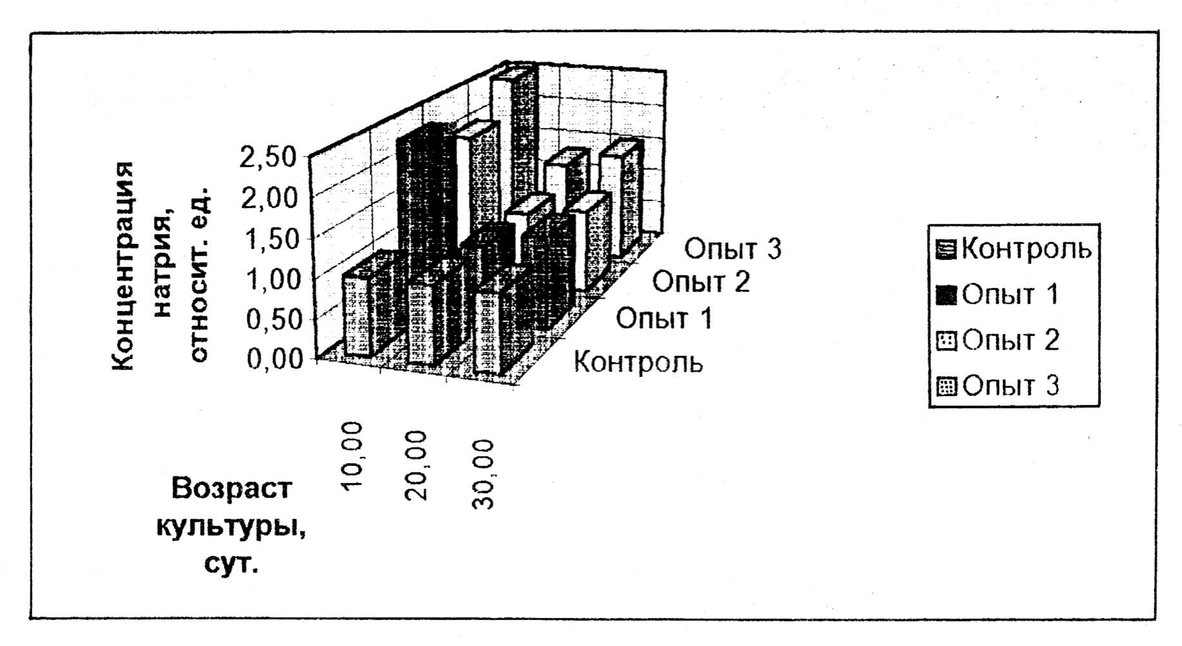


Рис. 3. Изменение концентрации натрия в среде у облученной S.platensis в динамике роста. Контроль - концентрация натрия у необлученной культуры, принятая за 1.
Опыт 1 - 7,1 мм; опыт 2 - 7,89 мм; опыт 3 - 6,66 мм

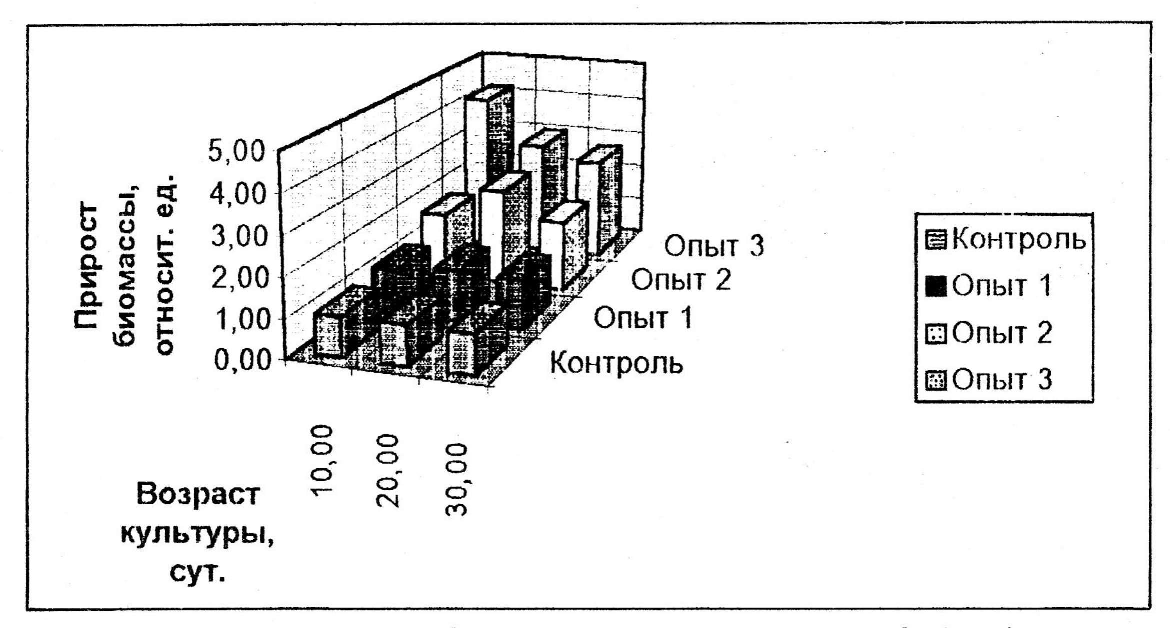


Рис. 4. Влияние комбинированного облучения на прирост биомассы у S. platensis.
Контроль - биомасса необлученной культуры, принятая за 1.
Опыт 1 - 7,1 мм + 10 имп.; опыт 2 - 7,89 мм + 10 имп.; опыт 3 - 6,66 мм + 10 имп.

Как указывалось выше, максимальный прирост биомассы у S.platensis был получен при воздействии 10 импульсами, поэтому в последующих комбинациях с непрерывным

излучением при разных длинах волн использовали это число импульсов. Данные по влиянию комбинированного излучения на рост культуры S.platensis представлены на рис.4. Наибольший прирост биомассы обнаружили после воздействия излучением при 6,6 мм + 10 имп. Облученная комбинированным излучением культура несколько иначе ведет себя в отношении к минеральным веществам среды. К 30 суткам культивирования в среде происходит снижение концентрации и натрия и нитрата, вероятно, вследствие их поглощения клетками культуры. Полученные данные представлены в таблице.

Таблица

Относительное изменение концентрации ионов натрия и нитрата в среде после действия комбинированного облучения на культуру S.platensis

Вариант опыта	Прирост биомассы	Концентрация в отн. ед.	
		Натрий	Нитрат
Контроль	1,0	1,0	1,0
7,1 мм + 10 имп.	1,24	0,74	0,84
7,89 мм + 10 имп.	1,85	0,79	0,81
6,66 мм + 10 имп.	2,67	0,83	0,84

Таким образом, при воздействии на клетки S.platensis КВЧ-излучения, как непрерывного, так и комбинированного, в тех его параметрах, которые оказывают влияние на прирост биомассы, на разных стадиях роста культуры мы обнаруживаем изменения концентрации ионов натрия и нитрата в среде по сравнению с необлученной культурой.

Неполная корреляция содержания ионов в среде и изменения числа клеток в культуре, вероятно, является отражением того, что действие КВЧ-излучения на процесс транспорта ионов через поверхностную мембрану клеток фотосинтезирующих организмов является самостоятельным фактором, определяющим физиологическое проявление действия облучения.

Проведенная нами ранее регистрация динамики транспорта иона натрия в краткосрочных опытах показала, что процесс поступления этого иона в клетки цианобактерий является процессом быстрым, вероятно, идущим по градиенту электрохимического потенциала этого иона, без затраты энергии [11]. Обнаружено также, что выделение иона из клеток - процесс медленный, зависящий от освещения и, вероятно, от интенсивности метаболизма. В зависимости от параметров облучения меняется соотношение быстрых и медленных процессов, что определяет неттопоступление иона в клетку или выделение его из клетки. Изменение транспорта ионов после облучения наблюдается до 10 суток роста и , вероятно, является одним из первичных изменений в ответ на это воздействие. Как следствие этого регистрируются изменения концентрации ионов в среде, что может вызывать вторичные изменения транспортных процессов, общей физиологии и биохимии клеток и роста культуры.

Полученные нами результаты согласуются с высказанными ранее предположениями о первичных механизмах действия миллиметровых волн на биологические объекты [12], согласно которым КВЧ-излучение низкой интенсивности может приводить к ускорению активного транспорта ионов натрия, изменению проницаемости биологических мембран.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант №95-04-12289).

Литература

1. Тамбиев А.Х., Кирикова Н.Н. Перспективы применения электромагнитного излучения миллиметрового диапазона в фотобиотехнологии// Миллиметровые волны в биологии и медицине.- 1992. - №1. - С.48-54.
2. Tambiev A.H., Kirikova N.N. Prospects of use of EHF radiation in photobiotechnology // Biological aspects of low intensity millimeter waves. - M.: Seven plus. - 1994. - P.125-163.
3. Владимирова М.Г., Маркелова А.Г. Коллекция культур одноклеточных водорослей Института физиологии

растений АН СССР// Культивирование коллекционных штаммов водорослей. - Л.: ЛГУ. - 1983. - С.57-74.

4. Маркарова Е.Н., Кольчугина И.Б. Поглощение элементов минерального питания в процессе культивирования Anabaena variabilis // Науч. докл. высш. школы. Сер. Биол. науки. - 1985. - №4. - С.73-76.
5. Маркарова Е.Н., Кирикова Н.Н., Саари Л.А., Тамбиев А.Х. Поглощение минеральных веществ у Spirulina platensis при действии КВЧ-излучения// Вестн. Моск. ун-та. Сер.16. Биология. - 1992. - №2. - С.22-27.
6. Скулачев В.П. Биоэнергетика. Мембранные преобразователи энергии.- М.: Высшая школа.- 1989. - 271 с.
7. Тамбиев А.Х., Кирикова Н.Н., Лапшин О.М. и др. Стимулирующее действие электромагнитного излучения миллиметрового диапазона низкой интенсивности на рост микроводорослей // Вестн. Моск. ун-та. Сер.16. Биология.- 1990. - №1. - С. 32-36.
8. Тамбиев А.Х., Кирикова Н.Н., Лапшин О.М. и др. Влияние комбинированного воздействия миллиметрового и сантиметрового электромагнитного излучения на продуктивность микроводорослей// Миллиметровые волны в медицине и биологии. - М.: ИРЭ АН СССР.- 1989. - С.183-188.
9. Тамбиев А.Х., Кирикова Н.Н., Лапшин О.М. и др. Изменение ростовых характеристик при воздействии на микроволоросли электромагнитного излучения миллиметрового диапазона низкой интенсивности // Вестн. Моск. ун-та. Сер.16. Биология. - №2. - С.42-47.
10. Тамбиев А.Х., Кирикова Н.Н., Лебедева А.Ф. Влияние КВЧ излучения на физиологическую активность микроводорослей // Вестн. Моск. ун-та.- Сер.16. Биология. - 1993.- №1. - С.58-64.
11. Маркарова Е.Н., Кирикова Н.Н., Тамбиев А.Х. Действие КВЧ-излучения на кинетику транспорта натрия у Spirulina platensis // Вестн. Моск. ун-та. Сер.16. Биология. - 1995. -№2. С.16-23.
12. Betskii O.V. Electromagnetic millimeter waves and living organisms.- Biological aspects of low intensity millimeter waves.- M.: Seven plus.- 1994. - P.8-38.

Effect of e.m. Radiation on the Growth and Ion Status of the Media for Cultivating S.Platensis

Is has been shown in the paper that EHF-radiation at 6.66, 7.1, and 7.89 mm of wavelength and the combined radiation (millimeter and centimeter frequency bands) stimulate the growth of the biomass of S.platensis and produce an effect on the transport of sodium and nitrate ions.

The results are discussed using the date of EHF-radiation effect on membrane transport in biological objects.

Статьи

МОДЕЛИРОВАНИЕ ШИРОКОПОЛОСНЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ ВОДЫ И ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ЭЛЕКТРОЛИТОВ НА ОСНОВЕ ЕДИНООБРАЗНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МЕЖМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОТЕНЦИАЛА

В.И.Гайдук, Б.М.Либерман

Институт радиотехники и электроники РАН, г. Фрязино

Вращение полярных молекул в жидкостях обусловливает поглощение излучения в широкой области спектра, включающей КВЧ-диапазон. Широкополосный спектр поглощения жидкой воды и водных растворов электролитов двугорбый, тогда как в простых неассоциированных жидкостях он содержит лишь один максимум. Предлагается модель прямоугольной потенциальной ямы, названная *гибридной* (ГМ), которая позволяет описать основные особенности нерезонансных (дебаевских) микроволновых спектров комплексной диэлектрической проницаемости $\varepsilon^* = \varepsilon' - i\varepsilon''$ и субмиллиметровых квазирезонансных спектров поглощения α с помощью простой аналитической теории. Последняя оперирует всего с тремя свободными параметрами модели U_0, τ и β, зависящими от температуры или концентрации полярных молекул. Показано, что эти параметры, подобранные на основе анализа диэлектрических спектров, позволяют также описать самодиффузию молекул воды в жидкости. Анализ субмиллиметрового поглощения воды приводит к выводу о существовании второй области дебаевской релаксации. Дан вариант гибридной модели, позволяющий описать и эту область.

Особенности гибридной модели

ГМ оперирует с простой формой среднего потенциала *U*, описывающего движение одного диполя среды в поле остальных диполей. Время жизни диполей (τ) в потенциальном ящике составляет единицы-доли пс, что на один-два порядка меньше времени дебаевской релаксации (τ_D). В плоскости, проходящей через ось симметрии, потенциал *U* представляет собой два одинаковых прямоугольных ящика высоты U_0, повернутых один относительно другого на угол 180°. Ширина каждого ящика (в угловых единицах) равна 2β. Полярные молекулы разбиваются на группы А и Б в зависимости от величины их кинетической энергии. (А) диполи с энергией, меньшей U_0; (Б) диполи с энергией, большей U_0. Частицы группы А (либраторы) в пространстве между стенками ящика вращаются с постоянной скоростью; скорости диполей имеют максвелловское распределение, обрезанное со стороны высоких энергий. При соприкосновении со стенкой ящика диполь испытывает упругое отражение, которое считается мгновенным. Частицы группы Б (ротаторы) вращаются свободно. Эта группа образована хвостом максвелловского распределения. При увеличении глубины ящика U_0 амплитуды либраций β и доля $r(U_0,\beta)$ частиц группы Б уменьшается, а доля либраторов r, равная 1, возрастает. Предполагается, что в среднем через время τ происходят "сильные" столкновения. Они нарушают периодический во времени закон молекулярного вращения и обусловливают обмен скоростей сталкивающихся частиц. Две потенциальные ямы определяют два положения равновесия (у дна ям энергия диполей минимальна); хаотический переход диполей из одной ямы в другую обусловливает дебаевскую релаксацию. Чем глубже яма, тем больше время релаксации τ_D. Мы используем вариант ГМ, разработанный в [1], где ГМ была применена к описанию диэлектрических спектров неассоциированных жидкостей (CH_3F и других). В данной работе эта модель применена к воде и к водным растворам электролитов NaCl, NaI и KI. Специфика электролитов учтена заданием коэффициента электропроводности σ. В остальном же модель электролита является *водоподобной:* предполагается, что влияние ионов приводит лишь к изменению параметров ГМ: U_0, τ и β. Отличие этих параметров от значений, подобранных для воды, как увидим, позволяет судить о характере гидратации ионов в водном растворе. Основные расчетные соотношения, ис-

пользованные в работе, представлены в приложении.

Диэлектрические спектры

Свободные параметры ГМ, подобранные для воды и растворов NaCl, NaI, KI, представлены в табл. 1 и 2. В последней при концентрации $C = 0$ мы также имеем случай чистой воды. Для жидкой воды диэлектрические спектры при трех температурах иллюстрируются рис.1, а для растворов электролитов - рис.2 и 3. При подборе параметров ГМ удовлетворялось требование совпадения расчетных времени релаксации τ_D и характерных величин ДИК поглощения с экспериментальными [2-4] значениями. При этом принималось во внимание подобие зависимостей $\alpha(\nu)$, соответствующих разным значениям концентрации электролита C. Нормированная глубина потенциального барьера $u \equiv U_0/(k_B T)$ подбиралась таким образом, чтобы расчетные кривые поглощения $\alpha(\nu)$ при всех значениях C были двугорбыми, подобными аналогичной кривой 1 на рис.3а для жидкой воды. Показатель преломления раствора на краю области ориентационной релаксации брался таким же, как и для воды (k_m=1.7). Корректирующий фактор k_m дипольного момента принимался не зависящим от концентрации электролита C (см. табл.2). При $C = 0$ статическая проницаемость ε_s и время релаксации τ_D оценивались по эмпирической формуле [2].

В случае жидкой воды отличительной особенностью ГМ является то, что подансамбль ротаторов обусловливает "трансляционную" полосу вблизи частоты ν = 200 см$^{-1}$ (при длине волны $\lambda \approx$ 50 мкм), а ансамбль либраторов - основную либрационную полосу в области около 700 см$^{-1}$ (при $\lambda \approx$ 14 мкм). Ранее [8-10] расчет спектров воды проводился путем привлечения двух независимых молекулярных моделей - ограниченных ротаторов и обобщенной диффузии. В первой использовалось нефизическое предположение о том, что прямоугольная яма неограниченно глубокая, во второй - что доля ротаторов r является независимым подгоночным параметром, а скорости вращающихся частиц распределены в интервале от 0 до ∞. Наличие параметра u, управляющего эволюцией диэлектрических спектров при изменении температуры T, позволяет составить более адекватную физическую картину движения молекул воды в сетке водородных связей. Из табл.1 видно, что при увеличении температуры T время жизни τ уменьшается, амплитуда либраций β слегка возрастает, а глубина ямы U_0 остается практически неизменной. Последнее свидетельствует о жест-

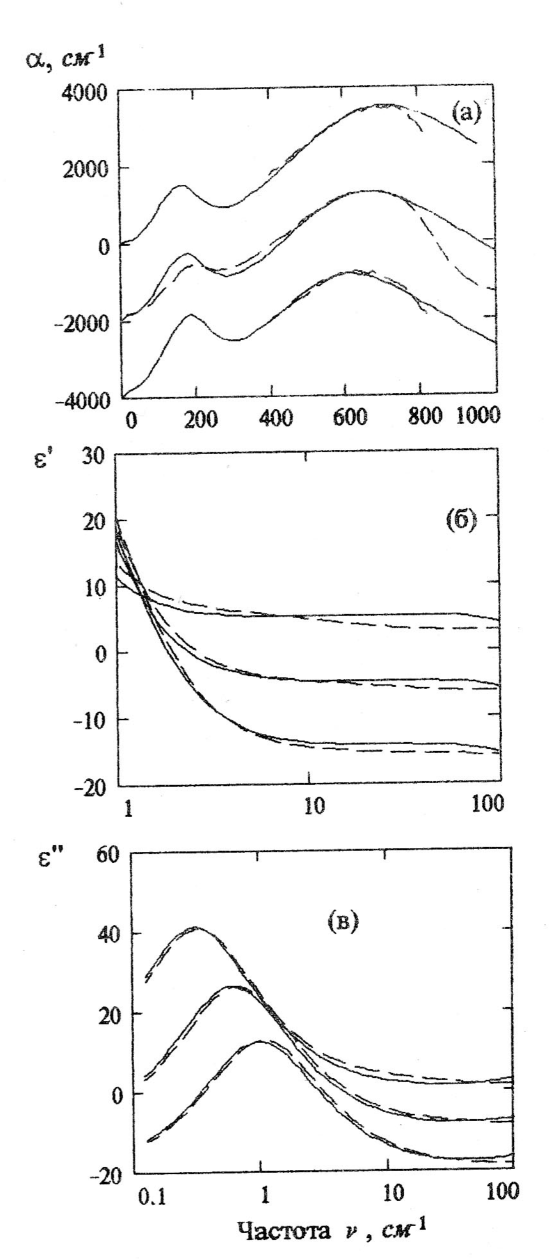


Рис. 1. ДИК спектры поглощения (а) и релаксационные спектры компонент комплексной проницаемости (б, в). Жидкая вода при T=1, 27 и 50°C (сверху вниз, для температур 27 и 50 °C кривые смещены вниз).
——— - расчет для гибридной модели,
.... - данные эксперимента [2-4]

кости структуры воды. В то же время при увеличении T доля ротаторов r существенно возрастает (льдоподобная фракция "тает").

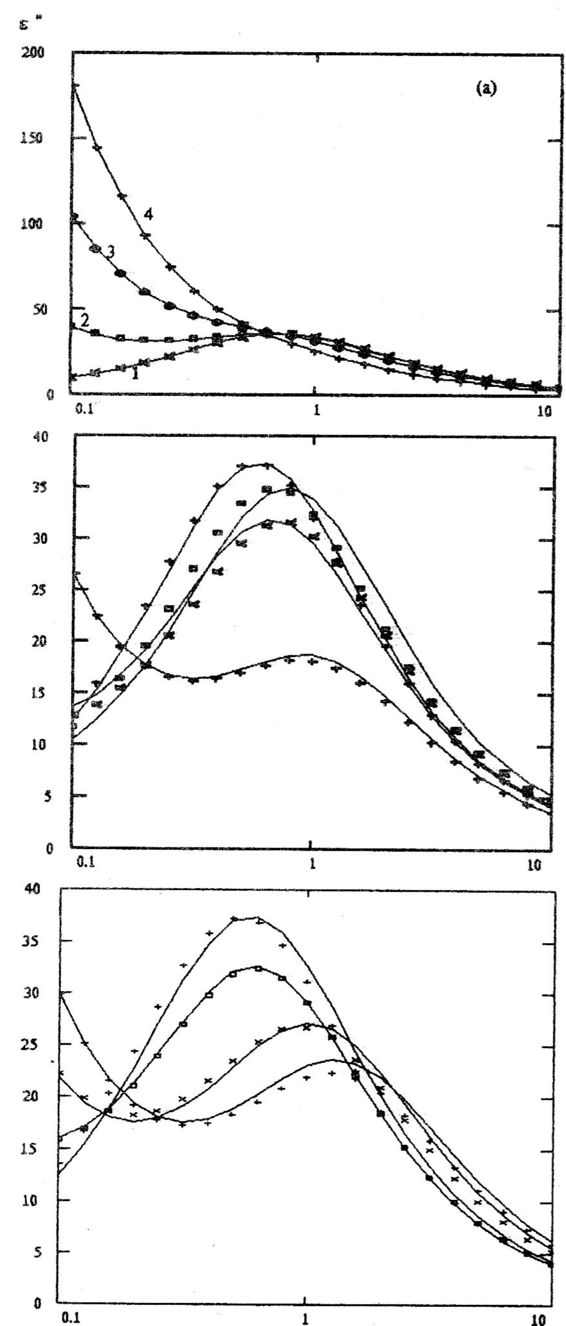


Рис.2. Спектральная зависимость мнимой части e" комплексной диэлектрической проницаемости e*: (а) - Водный раствор NaCl при $T = 30°C$ и молярных концентрациях C = 0; 0.5; 2.5 и 5 (кривые 1, 2, 3 и 4); (б) - водный раствор NaI, T=20°C, C = 0, 0.33, 1 и 8 моль/л (сверху вниз); (в) - водный раствор KI, T = 20°C, C = 0; 1; 3 и 6 моль/л (сверху вниз). Точки - экспериментальные данные из [4] (а) и [7] (б, в)

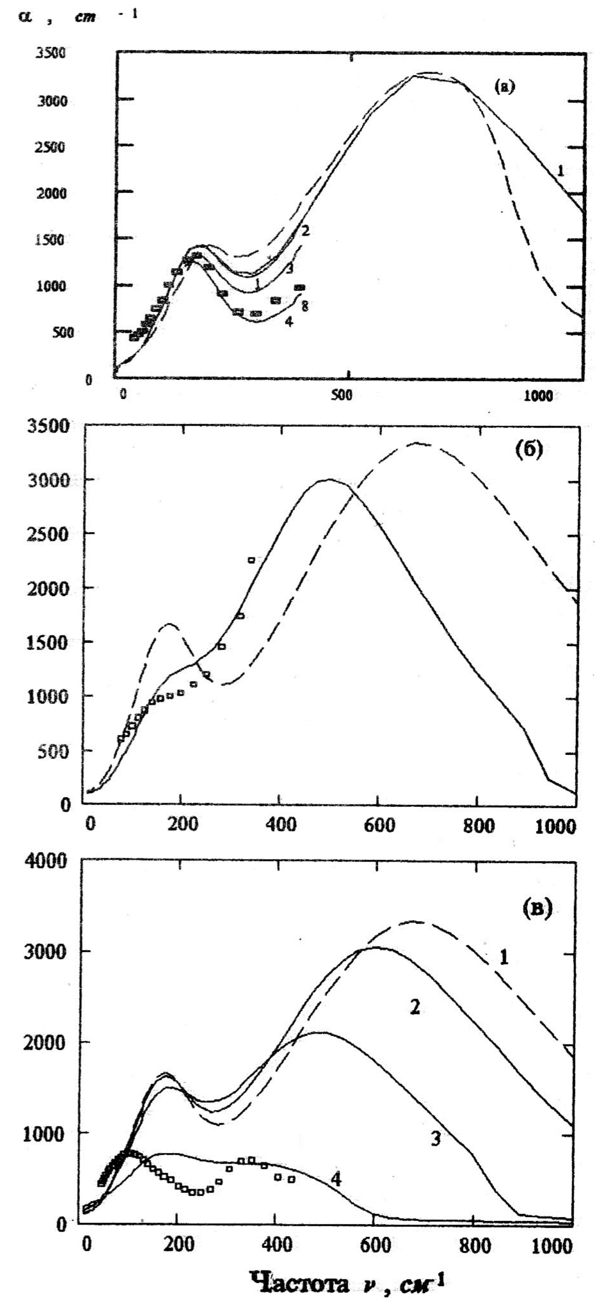


Рис.3. Спектральная зависимость поглощения растворов NaCl (а), NaI (б) и KI (в) в ДИК области: (а) - T = 30°C, C = 0; 0.5; 2.5 и 5 моль/л (кривые 1, 2, 3 и 4); ------ - экспериментальная [6] зависимость для воды при T = 27°C; (б) - T= 20°C, C=0 (---------) и 6 моль/л (———). Точки - данные [6]; (в) - T = 20°C, C = 0; 1; 3 и 6 моль/л (сверху вниз). Точки - данные [10]

В случае водного раствора NaCl при увеличении *C* нормированная глубина потенциальной ямы *u*, время жизни τ и угол либраций β увеличиваются. Соответственно (см. табл. 2) существенно увеличивается число m_L либраций диполя в яме, совершаемых диполем в течение времени его жизни. Сопоставляя концентрационные зависимости *u*, τ, β, m_L, заключаем, что при растворении NaCl водно-ионная сетка становится как бы более прочной, так как она характеризуется более глубоким межмолекулярным потенциалом (*u* больше), меньшей вращательной подвижностью диполей (β меньше), меньшей величиной тепловых флуктуаций (τ больше) и большим числом циклов периодического движения диполей в состоянии временного равновесия (m_L больше). Эти выводы согласуются с известным [11, гл.3] представлением о том, что раствор NaCl характеризуется положительной гидратацией ионов электролитов. При этом ГМ позволяет найти конкретную интерпретацию введенным Самойловым [11, с.84] параметрам τ и τ_i. Среднее время пребывания молекулы воды в окружении молекул воды (τ) можно отождествить с $\tau(C = 0)$, а среднее время пребывания молекулы воды в ближайшем к иону положении равновесия (τ_i) - с $\tau(C \neq 0)$.

Для концентрированного раствора электролита NaCl рассчитанная частотная зависимость поглощения $\alpha(\nu)$ (кривая 8 на рис.3а) удовлетворительно согласуется с измеренной [6]. Набор расчетных зависимостей $\alpha(\nu)$ иллюстрируется рис.3а для четырех значений *C*. Предсказанные кривые $\alpha(\nu)$ заметно зависят от концентрации *C* в области пика поглощения α_L и минимума α_{min}. Для растворов NaI и KI согласие с экспериментальными зависимостями только качественное (рис. 3 б, в). В этом случае, по-видимому, важно появление молекул, закон движения которых существенно другой, чем в воде или водоподобной модели электролита.

Коэффициент самодиффузии D(T) и величина структурного охлаждения ΔT

Предполагаем, что основной вклад в самодиффузию молекул воды вносит подансамбль ротаторов, обладающих большей подвижностью. Поэтому *D* считаем пропорционально r. В соответствии с определением *D* считаем прямо пропорциональным квадрату пространственного параметра (l_D^2) и обратно пропорциональным временному параметру τ:

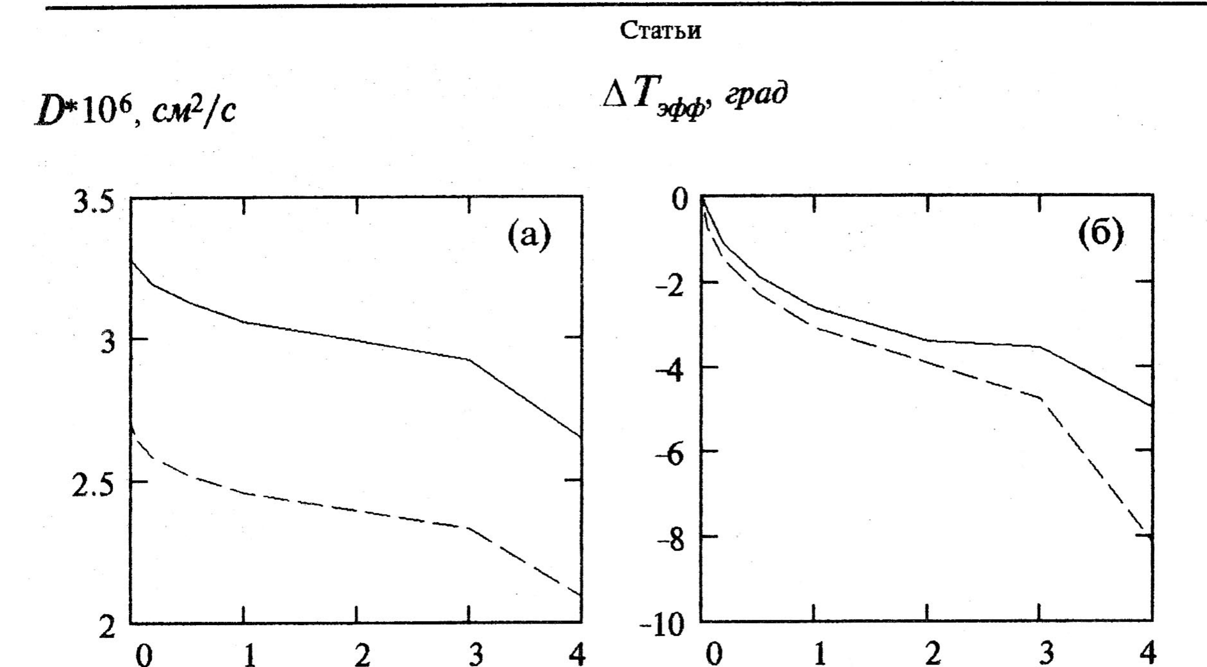
$$D = (1/6)\, r(u, \beta)\, l_D^2\, \tau^{-1}.$$

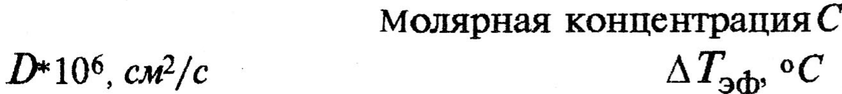
Первый параметр можно считать независящим от *T* (l_D имеет порядок радиуса молекулы воды), а второй (τ) можно взять таким же, как и при расчете воды. Величину l_D подбираем (см. табл.2) так, чтобы при C=0 получалось значение *D*, совпадающее с экспериментальным для жидкой воды. Найденный таким путем коэффициент самодиффузии *D* раствора при увеличении концентрации *C* уменьшается (рис.4а). Этот результат теории согласуется с данными измерений [11, с.101].

Потребовав выполнения равенства $D(T, C)_{раствор} = D_{жидкая\ вода}(T_{эф})$, можно вычислить изменение структурной температуры $\Delta T_{эф} = T_{эф} - T$. Тогда найдем, что для раствора NaCl-H_2O (рис. 4 б) величина $\Delta T_{эф} < 0$, что позволяет говорить о *структурном охлаждении* раствора [11] и соответственно о *положительной гидратации*. Отметим, что структурное охлаждение порядка 5-10° приводит к гораздо большему изменению диэлектрических спектров, чем обычное охлаждение на те же 5-10° . Напротив, для водных растворов NaI и KI имеем случай *структурного нагрева (отрицательной гидратации)*, так как при увеличении *C* коэффициент *D* возрастает. При этом $\Delta T_{эф} > 0$. Итак, из анализа данных, приведенных в табл. 2, и из рис.4, следует, что диэлектрические спектры позволяют различать положительную и отрицательную гидратацию растворов электролитов. Эти различия удобно характеризовать схемой:

Положительная гидратация		Отрицательная гидратация	
Наблюдаемое свойство	Подобранные параметры гибридной модели	Наблюдаемое свойство	Подобранные параметры гибридной модели
D ↓	*u* ↑ β ↓ τ ↓	*D* ↑	*u* ↑ β ↓ τ ↑

Примечание: стрелки означают уменьшение ↓ и увеличение ↑ параметра, происходящее при увеличении концентрации *C*.





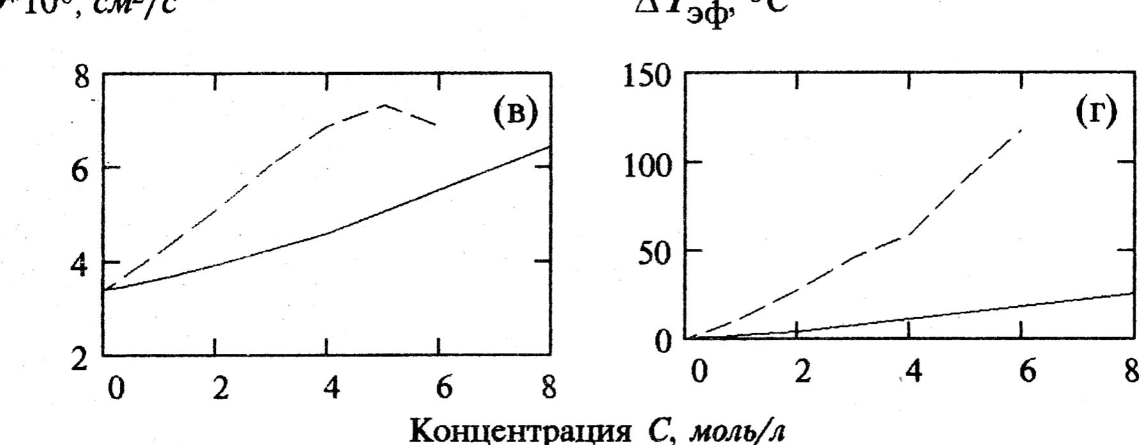


Рис. 4. Предсказанные концентрационные зависимости коэффициента самодиффузии (а, в) и изменения структурной температуры (б, г): а, б - раствор NaCl при T=30°C (———) и 20°C (---------); в, г - растворы NaI (———) и KI (---------), T = 20°C

Есть ли в жидкой воде вторая область дебаевской релаксации?

Этот вопрос является дискуссионным. Описанный выше вариант ГМ в области низких частот дает лишь одну область релаксации. Так, при λ< 1 мм частотная зависимость поглощения *начинает выходить на плато*, которое затем переходит в двугорбый спектр (см. рис. 5а). Однако обобщение [2] экспериментальных данных показывает, что в этом диапазоне поглощение интенсивно растет при уменьшении длины волны λ. Модель можно улучшить, изменив расчетную схему (см. приложение), записав комплексную восприимчивость в виде суммы двух членов, один из которых обусловлен подансамблем либраторов, а второй - ротаторов. Соответственно оказывается, что в пределе низких частот восприимчивость описывается уже двумя дебаевскими членами - точно так, как и в эмпирической фор-

муле из [2]. При этом фактор корреляции Кирквуда g оказывается равным сумме g_R+g_L подобных факторов ротаторов и либраторов. Восприимчивость ротаторов χ_R характеризуется меньшим, чем в ансамбле либраторов, временем жизни τ_R и большим фактором Кирквуда g_R.

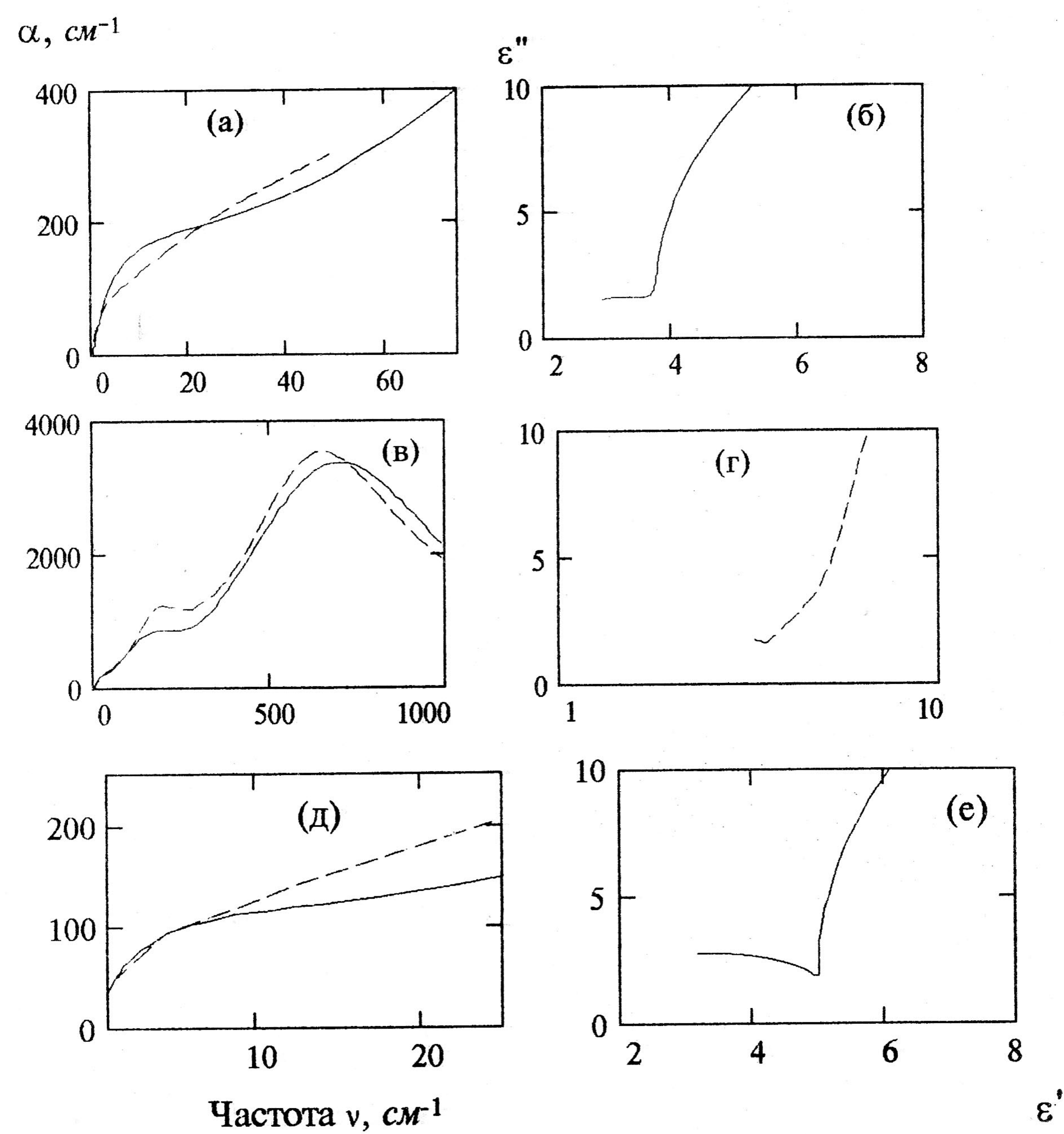


Рис. 5. Частотные зависимости поглощения (а, в, д) и диаграммы Коул-Коула (б, г, е), рассчитанные для жидкой воды при T = 20°С. Гибридная модель в предположении о существовании одной (а-г) и двух (д-е) областей релаксации. -------- - данные эксперимента [2]

На рис. 5 показано, что приведенная коррекция гибридной модели (детали см. в приложении) дает лучшее описание субмиллиметрового спектра поглощения жидкой воды и соответственно высокочастотного (левого) склона диаграммы Коул-Коула во-

ды. Данный вариант ГМ может оказаться полезным и для расчета/интерпретации диэлектрических спектров различных водных растворов.

Приложение. Основные расчетные соотношения

Пусть * - символ комплексного сопряжения, так что, например, $\varepsilon^* = \varepsilon' + i\,\varepsilon''$. Коэффициент поглощения α однородной полярной среды, в которой распространяется плоская волна, связан с ε^* общим соотношением

$$\alpha = (\omega / c)\,\mathrm{Im}(\varepsilon^*) / \mathrm{Re}(\sqrt{\varepsilon^*}) \equiv \equiv 2 \cdot \pi \cdot \upsilon \cdot \varepsilon^* / n, \quad n = \mathrm{Re}(\sqrt{\varepsilon^*}), \qquad (1)$$

где ω - круговая частота излучения, $\nu = \omega/(2\pi c)$ - частота, выраженная в $см^{-1}$, c - скорость света, n - показатель преломления. Дипольный момент μ молекулы воды в растворе может отличаться от момента μ_0 изолированной молекулы воды; связь между ними задается равенством

$$\mu = \mu_0 \kappa_\mu (n_\infty^2 + 2)/3, \qquad (2)$$

где n_∞ - показатель преломления на краю полосы ориентационной релаксации ($n^2_\infty = 1.7$); коэффициент k_μ, корректирующий величину μ дипольного момента молекулы в жидкости, близок к единице. Выбранная потенциальная яма характеризуется спектральной функцией $L(z)$. Для ГМ формула $L(z)$ записана в [1, 12]. Здесь z - комплексная частота

$$z = x + iy;\ x = \omega\eta;\ y = \eta/\tau;\ \eta = [\ I(2k_B T)\ ]^{1/2}, \qquad (3)$$

I - эффективный момент инерции молекулы, которая для простоты принимается линейной (для воды значения I и μ приведены в табл.1), k_B = постоянная Больцмана. Функция $L(z)$ зависит от нормированных параметров x (частоты излучения), y (средней частоты столкновений), $u = U_0/(k_B T)$ (глубины потенциальной ямы) и от амплитуды либраций β. В полосе ориентационной релаксации, включающей и низкие частоты, диэлектрические свойства полярной среды, обусловленные переориентациями диполей, описываются комплексной восприимчивостью:

$$\chi^*(x) = g \cdot G \cdot z \cdot L(z) \times \times [g \cdot x + i \cdot y \cdot L(z) \cdot (1 + gxz)]^{-1}, \qquad (4)$$

где

$$G = \frac{\mu^2 \cdot N_{эф}}{3 \cdot \kappa_B \cdot T}, \qquad N = \frac{N_A \rho_{эф}}{M};$$
$$g = \frac{(\varepsilon_\infty - n_\infty^2)(2\varepsilon_s + n_\infty^2)}{12\pi \cdot G \cdot \varepsilon_s}, \qquad (5)$$

$N_{эф}$, $\rho_{эф}$ и M - эффективные концентрация, плотность и молекулярная масса растворителя (воды), N_A - число Авогадро, g - фактор корреляции Кирквуда, который вычисляется по последней из формул (5), исходя из величины G и значений статической и оптической проницаемостей раствора, ε_s и n^2_∞. Предполагается, что вклад в восприимчивость вносят лишь молекулы воды, концентрация которых N связана с эффективной плотностью $\rho_{эф}$ воды в растворе (последняя находится на основе справочных данных). Комплексная проницаемость раствора связывается с восприимчивостью χ^* соотношением

$$\varepsilon^* = \frac{1}{4}\left\{ \begin{matrix} n_\infty^2 + 12\pi\chi^* + \\ + \sqrt{(n_\infty^2 + 12\pi\chi^*)^2 + 8n_\infty^4} \end{matrix} \right\}^{1/2} + \frac{2i\sigma}{c\upsilon}, \qquad (6)$$

в котором последний член учитывает вклад в потери, обусловленный движением ионов, появляющихся при диссоциации растворенных солей; σ - обусловленная ионами низкочастотная электропроводность раствора. В области низких частот ($x \ll 1$) при соответствующем выборе параметров ГМ формула (6) практически сводится к дебаевской зависимости [3]:

$$\varepsilon^*(\upsilon) = \varepsilon' + i\varepsilon'' = = \varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_s - \varepsilon_\infty}{1 - i2\pi \cdot c\upsilon\tau_D} + \frac{2i\sigma}{c\upsilon} \qquad (7)$$

(в случае воды полагалось $\sigma = 0$). Формула для СФ $L(z)$ приведена в [1, 12].

Доля ротаторов зависит только от двух параметров ГМ:

$$r = \exp(-u)\ [1 + \{\exp(-u) - 1\} \cos\beta]^{-1}. \qquad (8)$$

Таблица 1

Подобранные параметры гибридной модели и некоторые другие характеристики переориентаций молекул. Жидкая вода

	T, °C	β, град	*u*	U_o,ккал/моль	τ, пс	k_μ
Параметры ГМ	1	18	5.6	3.05	0.85	1.16
	27	19.9	5.7	3.04	0.48	1.12
	50	22.1	4.6	3.0	0.37	1.1

	T, °*C*	*r*, %	*y*	m_L	*g*	*G*	*l*, *A*
Другие пара-метры	1	0.071	0.052	16.0	2.24	2.05	0.205
	27	0.093	0.089	8.2	2.35	1.73	0.209
	50	0.122	0.112	5.7	2.38	1.55	0.218
Константы	I=1.483·10^{-40} г·см^2, μ_0=1.483 дебай, n^2_∞=1.7, $M = 18$, $\kappa_\mu = 1.12$, $l_D = 1\,\mathring{A}$						

Таблица 2

Параметры гибридной модели. Водные растворы NaCl, NaI, KI при T = *20*^{0}C *в диапазоне концентраций* C

Параметры ГМ и производные параметры								
Электролит	C, моль/л	*u*	β, град	τ, пс	*r*, %	r_Z	*y*	m_L
NaCl, *T*= 20^{0}C	0.0	5.51	19.4	0.477	6.7		0.090	8.6
	0.5	5.54	19.1	0.526	6.7		0.081	9.7
	1.0	5.56	18.8	0.579	6.7		0.074	10.8
	1.5	5.59	18.5	0.634	6.8		0.068	12.0
	2.0	5.62	18.2	0.691	6.8		0.062	13.3
	2.5	5.65	17.8	0.750	6.9		0.057	14.7
	3.0	5.66	17.5	0.810	6.9		0.053	16.2
	5.0	5.80	16.0	1.065	7.3		0.040	23.3
NaI, *T*= 20^{0}C	0	5.24	19.4	0.48	8.6		0.09	8,5
	0.33	5.22	19.7	0.48	8.5		0.09	8.3
	0.66	5.21	19.9	0.47	8.4		0.09	8.2
	1	5.2	20.2	0.47	8.3		0.091	8.0
	2	5.16	21.1	0.47	8.0		0.092	7.6
	4	5.07	22.8	0.45	7.5		0.094	6.9
	8	4.9	26.4	0.43	6.7		0.1	5.7
KI *T*= 20^{0}C	0	5.24	19.4	0.48	8.6	1.0	0.09	8.5
	0.05	5.22	19.5	0.47	8.7	0.99	0.09	8.4
	0.2	5.17	20.6	0.46	8.8	0.98	0.09	8.1
	0.5	5.06	20.2	0.45	9.1	0.94	0.1	7.5
	1	4.88	21.8	0.5	9.6	0.88	0.1	6.6
	2	4.52	24.3	0.39	11.0	0.76	0.12	5.0
	3	4.14	27	0.31	13.0	0.63	0.14	3.7
	4	3.77	29.5	0.25	15.3	0.51	0.17	2.7
	5	3.39	32.2	0.19	18.5	0.38	0.23	1.8
	6	3.01	34.8	0.13	22.5	0.25	0.33	1.1

Примечание: r_Z представляет собой долю вымороженных молекул, не дающих вклада в диэлектрические спектры и величину коэффициента самодиффузии; $l_D \approx 1\,\mathring{A}$.

Таблица 3

Параметры гибридной модели: сопоставление двух расчетных схем

Параметр	Один *g*-фактор	Два *g*-фактора
τ_R, пс	0.4	0.15
τ_L, пс	0.6	0.8
y_R	0.107	0.285
y_L	0.071	0.054
g	2.27	g_R = 1.3, g_L=0.97
β, град	18.8	18,8
u	5.4	5.8
r, %	6.1	5.4
G	1.85	1,85
k_μ	1.12	1,12
m_L	11.1	15.1

Для расчетной схемы, описывающей *одну область релаксации,* которая в основном использовалась в этой работе, спектральная функция $L = L_L + L_R$ есть сумма соответствующих функций либраторов и ротаторов. Для расчетной схемы, оперирующей с двумя факторами корреляции (и в пределе $x \to 0$ - с двумя дебаевскими областями) мы правую часть (4) представляем в виде суммы двух членов. В первом g, z, $L(z)$, y заменены на g_L, $z_L = x + i\,y_L$, $L_L(z_L)$, y_L, где $y_L = \eta/\tau_L$, а во втором - на g_R, $z_R = x + i\,y_R$, $L_R(z_R)$, y_R, где $y_R = \eta/\tau_R$.

Часть работы, посвященная разработке ГМ и ее применению к жидкой воде, выполнена в рамках гранта РФФИ № 95-03-08214а, а часть, посвященная электролитам, - гранта РФФИ № 96-05-65379.

Литература

1. Гайдук В.И., Новскова Т.А., Цейтлин Б.М. Описание ориентационной релаксации с помощью эффективного потенциала. О возможности структурного перехода в полярных жидкостях. Химическая физика (принято к опубликованию).
2. Liebe H.J., Hufford J.A., Manabe, T. // J. of Infrared and Millimeter Waves.- 1991.- V.12. №7.- P. 659.
3. Downing H.D., Williams D. // J. Geophys. Res.- 1975.- V.80.- P. 1656.
4. Pinkley L.M., Sethna P.P., Williams D. // J. Opt. Soc. Am.- 1976.- V.67.- №4.- P.494-499.
5. Lane J.A., Saxton J.A. // Proc. Roy. Soc.- 1952.- V. 214A.- P. 531.
6. Bennouna M., Cachet H., Lestrade J.C., Birch J.R. // Chem. Phys.- 1981.- V.62.- №3.- P.439.
7. Ахадов Я.Ю. // Диэлектрические свойства бинарных растворов.- М.: Наука.- 1977.
8. Новскова Т.А., Бреховских В.В., Гайдук В.И. // Химическая физика.- 1990.- Т. 9.- №7.- С. 978.
9. Лященко А.К., Новскова Т.А., Лилеев А.С., Засецкий А.Ю., Гайдук В.И. // Журн. физ. химии.- 1993.- Т.67.- №8.- С. 1615.
10. Lyashchenko A.K., Novskova T.A., Lileev A.S., Zasetski A.Yu., Gaiduk V.I. // J.Chem. Soc. Faraday Transactions.- 1993.- V.89.- №12.- P. 1985.
11. Самойлов О.Я. // Структура водных растворов электролитов и гидратация ионов.- М.: АН СССР.- 1957.
12. Gaiduk V. I., Gaiduk V. V. Liquid water: prediction of FIR absorption. Hot H_2O dipoles as the cause of the translational band // Mendeleev Comm. (submitted).
13. Дебай П., Закк Г. // Теория электрических свойств молекул.- М.-Л.: ГОНТИ.- 1936.
14. Справочник химика. Т.3-5.- М.: Химия.- 1964.

Статьи

КВЧ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ, ГИДРАТАЦИЯ И КОНЦЕНТРАЦИОННЫЕ СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В РАСТВОРЕ ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДА

Т.А.Новскова[1], А.К.Лященко[2], В.И.Гайдук[1]

Институт радиотехники и электроники РАН, г.Фрязино
Институт общей и неорганической химии им. Н.С.Курнакова РАН, г.Москва

В химии, биологии и физиологии имеется большой интерес к молекулярным процессам как в разбавленных водных растворах с добавлением веществ разной природы, так и в смесях с низким содержанием воды.

Поэтому исследование строения и диэлектрических свойств модельных систем во всей области концентраций (от 100% воды до 100% второго компонента) представляет повышенный интерес не только в связи с вопросами физики и физической химии жидкостей, но и в связи с прикладными медицинскими задачами. При этом водные растворы диметилсульфоксида (ДМСО) выделяются среди других водных объектов. Данная система широко используется как растворитель и реакционная среда в органической химии и тонкой химической технологии, а также обладает необычными биологическими свойствами, связанными с высокой проникающей способностью растворов ДМСО через кожу и другие биологические ткани [1, 2]. ДМСО обладает также интересными криопротекторными свойствами [2].

При рассмотрении процессов образования этих растворов на молекулярном уровне выделяются особенности взаимодействия ДМСО по сравнению с другими неэлектролитами. ДМСО - полифункциональная молекула с высокополярной S=O группой и двумя гидрофобными CH_3 группами с высоким донорным числом. Эта молекула может образовать с молекулами воды достаточно сильные водородные связи (более сильные, чем связи вода-вода) при гидрофильной гидратации её полярной группы. С другой стороны, для растворов ДМСО в начальной области концентраций можно ожидать проявления гидрофобной гидратации при взаимодействии неполярных групп молекул $(CH_3)_2SO$ со структурой воды. Особенность растворов ДМСО среди других сходных систем состоит в том, что эти растворы представляют пример воздействия на воду, при котором как полярные, так и неполярные группы оказывают стабилизирующее влияние на структуру воды. При таком объяснении структурных изменений в растворах оказывается возможным более последовательным образом объяснить отличия изменений времени диэлектрической релаксации растворов в рядах систем [3].

В литературе имеется большой и достаточно противоречивый материал о межчастичных взаимодействиях, структуре и свойствах водных растворов ДМСО. Его осмысленное применение, а также использование данных для других растворов позволяет представить концентрационный переход от чистой воды до жидкого ДМСО в следующем описании.

В начальной области концентраций при небольших добавках ДМСО в растворах идет стабилизация структуры воды за счет полярных и неполярных групп молекул ДМСО. При этом полярная группа, на которой сосредоточен достаточно большой отрицательный заряд, замещает молекулу воды в узле исходной или трансформированной тетраэдрической сетки связей, а неполярные CH_3 группы размещаются в её полостях. Из геометрических соображений и данных клатратных структур с молекулами сходного размера и формы (например, ацетона) приближённо можно оценить концентрацию, при которой вся вода становится распределённой на клатратоподобные гидратные оболочки при образовании таких структур. Она отвечает соотношению ДМСО:$16H_2O$ при заполнении неполярными группами больших пустот клатратоподобной постройки (диаметр пустот ~6 Å) и одновременном замещении узлов сетки полярной группой. Последующие молекулы ДМСО, по-видимому, могут встраиваться в меньшие пустоты с диаметром ~5.1 Å при некотором перекрывании гидратных сфер разных молекул. При этом во

всех случаях полярная =O группа образует две водородные связи с молекулами воды в узлах сетки. Однако координационное число молекул H_2O в окружении =O группы равно четырем. При этом другие две молекулы воды должны быть связаны значительно слабее за счет дипольных взаимодействий.

В предельных вариантах рассматриваемая сетка связей исчерпывает свое существование при соотношениях ДМСО÷H_2O от 1:6 до 1:2, когда в растворе уже нет молекул воды, образующих связи H_2O-H_2O или H_2O-ДМСО, одновременно формирующих окружение неполярных групп. В результате рассматриваемый стабилизационный процесс данного вида, связанный с гидрофобной гидратацией полностью исчерпывается. Соотношение 1ДМСО:2H_2O (33 мол% ДМСО) приблизительно соответствует системе связей в растворе, где каждая молекула ДМСО образует две сильные водородные связи с двумя отдельными молекулами H_2O в её гидратной оболочке и в растворе реализуется своеобразная система гидратных сфер, связанных между собой водородными связями.

Соответственно, при дальнейшем уменьшении концентрации воды должно идти объединение их гидратных оболочек с появлением пространственно-сеточных структур нового вида:

O — H ----- $OS(CH_3)_2$
H
H
$(CH_3)_2SO$
O — H
H
O — H ----- $OS(CH_3)_2$

В данной сетке на две молекулы ДМСО приходится две молекулы воды (соотношение 1:1).Таким путём осуществляется переход к структуре растворов на основе упаковки, задающейся вторым компонентом, которым в данном случае является ДМСО. Однако эта структура принципиально отличается от структуры чистого ДМСО наличием сильных Н-связей H_2O-ДМСО. В условиях дефицита воды рассматриваемая цепочечная система должна разбиваться на фрагменты 2ДМСО·H_2O. Так как связи ДМСО с водой более прочные, чем связи вода-вода, они будут сохраняться в большей степени по сравнению со связями H_2O-H_2O и в конечной области концентраций (от 30 мол% H_2O до чистого ДМСО). С другой стороны, необходимым образом здесь уже появляются свободные молекулы ДМСО, не связанные Н-связями. Чистый ДМСО представляет собой типичный апротонный растворитель с лабильной структурой, где отсутствуют направленные связи между молекулами. Некоторые пространственные коррекции между молекулами и размывание плотной упаковки здесь могут осуществляться только за счет дальнодействующих диполь-дипольных взаимодействий. Жидкий ДМСО обладает повышенной способностью к координации и возможностью образовывать сильные связи с другими ионами и молекулами. В то же время эти способности не могут быть реализованы в чистом ДМСО из-за отсутствия у молекул акцепторных центров. Появление молекул воды, которые являются и донорами и акцепторами протонов, существенно меняет картину из-за образования связей вода-ДМСО и появления цепочечных структур, отсутствующих у ДМСО в исходном состоянии.

Следует отметить также, что молекулы воды в таких цепочечных структурах образуют не четыре (как в чистой воде), а только две Н-связи. Тем самым можно ожидать, что характер их вращательных движений и осцилляций, а также реакционная способность будут отличаться от их состояния в чистой воде. С другой стороны, как уже отмечалось, единичные связи ДМСО-H_2O в этих цепочках будут более сильными по сравнению со связями вода-вода. Это следует, в частности, из отличий донорных чисел воды и ДМСО. Таким образом, концентрационный переход от воды к ДМСО может рассматриваться как диссоциация исходной тетраэдрической сетки связей с формированием цепочечных структур, состоящих из молекул воды и ДМСО в промежуточной области концентраций.

Структурно-кинетическая модель для описания диэлектрических спектров рассматриваемых растворов в широком диапазоне длин волн может быть построена на основе данной структурной схемы концентрационного перехода и гибридной модели диэлектрической релаксации в жидкости, развитой ранее для жидкой воды. Мы используем последний (скорректированный) вариант гиб-

ридной модели диэлектрической релаксации в жидкости, который применялся для расчета широкополосных спектров ориентационной релаксации для неассоциированных жидкостей [4] и жидкой воды [5]. Более подробное описание гибридной модели и возможности ее применения к водным растворам электролитов даны в настоящем выпуске [6]. Особенностью рассматриваемой водной системы является её многокомпонентность. Теория для расчёта комплексной диэлектрической восприимчивости χ^* таких систем приведена в [7]. При этом используется изотермическая модель столкновений. Выражение для χ^* может быть представлено в виде:

$$\chi^* = \frac{g\sum_m G_m(\omega + i/\tau_m)L_m}{g\omega + i\sum_m \frac{d_m}{\tau_m}L_m(1 + gx_m z_m)}, \quad d_m = \frac{G_m}{\sum_m G_m},$$

$$g = \frac{(\varepsilon_s - n_\infty^2)(2\varepsilon_s + n_\infty^2)}{12\pi\varepsilon_s \sum_m G_m}.$$

$$\varepsilon^* = (1/4)\left\{n_\infty^2 + 12\pi\chi^* + \sqrt{(n_\infty^2 + 12\pi\chi^*)^2 + 8n_\infty^4}\right\}^{1/2},$$

$$\alpha = (\omega / c)\,\mathrm{Im}(\varepsilon^*) / \mathrm{Re}(\sqrt{\varepsilon^*}),$$

$$\mu = \mu_0 k_\mu (n^2{}_\infty + 2)/3, \quad G_m = \frac{\mu^2{}_m N_m}{3k_B T},$$

$$z_m = x_m + iy_m,\ x_m = \eta_m\omega,\ y_m = \eta_m/\tau_m,$$

$$\eta_m = \sqrt{I_m / 2k_B T},$$

где ω-круговая частота; τ_m-время между соударениями молекул фракции m (время жизни молекул); z_m - комплексная частота; x_m и y_m - нормированная частота и нормированная частота соударений; ε_s и n_∞ - статическая диэлектрическая проницаемость раствора и его оптический показатель преломления; I - момент инерции; k_B - постоянная Больцмана; T - температура; μ - дипольный момент; k_μ - коэфициент, корректирующий дипольный момент молекулы в жидкости; N_m - количество молекул фракции m в 1 см^3; $L_m = L_L(z_m, U_m, \beta_m) + L_R(z_m, U_m, \beta_m)$ - спектральная функция, определяемая формой и глубиной потенциальной ямы U_0, углом поворота либраторов в яме 2β и временем жизни молекул в состоянии либраторов τ_L и в состоянии ротаторов τ_R. Молекулы с энергией, меньшей U_0 (либраторы), вращаясь в потенциальной яме, отражаются от стенок потенциальной ямы. Молекулы с энергией, большей U_0, вращаются свободно. Эта группа образуется хвостом максвелловского распределения. Доля ротаторов в каждой фракции определяется соотношением:

$r_m = \exp(-U)\{1+[\exp(-U)-1]\cos\beta\}^{-1}$,

где $U = U_0/k_B T$.

С целью определения параметров модели для чистых жидкостей-компонентов (m=1) были использованы их диэлектрические спектры в сантиметровом и миллиметровом диапазонах для ДМСО и воды [8-12], а также спектры в далекой ИК-области для воды [13-14]. Задача рассматривалась в двух вариантах: 1) времена жизни либраторов и ротаторов разные; 2) времена жизни либраторов и ротаторов одинаковые (1 и 2 в табл.1 соответственно).

Таблица 1

Пара-метры	Вода		ДМСО	
	1	2	1	2
k_μ	1,12	1,119	1,057	1,05
U	5,40	5,25	5,30	7,00
β,°	18,8	19,95	24,0	23,0
τ_R, пс	0,4	0,45	1,5	1,43
τ_L, пс	0,6	-	1,3	-
r,%	6,1	8,08	5,5	1,14
g	2,27	2,29	1,057	1,055
G	1,85	1,85	2,38	2,36

При расчёте использовались для воды μ_0=1,84D, I=1,483·10^{-40} г·см^2; для ДМСО μ_0=3,96D, I=1,49·10^{-38} г·см$^{-2}$.

В табл. 1 приведено сопоставление полученных параметров. Хорошо видно, что их различия в обоих вариантах расчета не велики. Поэтому для растворов рассматривался случай $\tau_L = \tau_R = \tau$. В табл.1 хорошо видны отличия исходных компонентов. У ДМСО большая амплитуда либраций β, больший потенциал U, который можно рассматривать как параметр, характеризующий отличие состояний молекул в структуре глубоких минимумов энергии и в дефектных позициях. Тем самым параметр U характеризует энергетическое отличие R и L состояний молекул.

На рис.1. приведены спектральные зависимости поглощения воды и ДМСО (кривые 1 и 6). Расчетные и экспериментальные данные для воды согласуются в интервале 60-200 см$^{-1}$. Однако рассчитанное поглощение воды в субмиллиметровом диапазоне меньше экспериментального. Это несогласие, по-

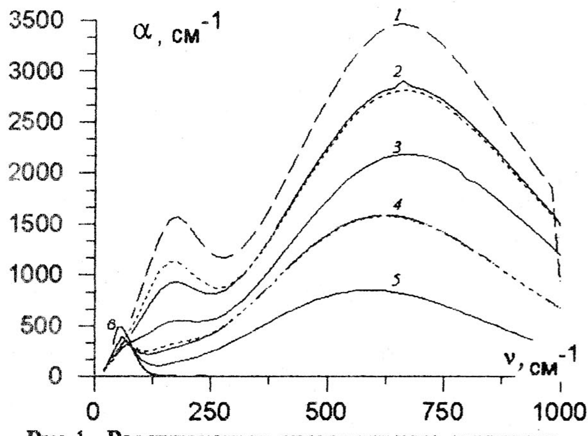


Рис.1. Рассчитанные спектральные зависимости поглощения воды (1), ДМСО (6) и их растворов разной концентрации (2 - 0,06; 3 - 0,145; 4 - 0,276; 5 - 0,504 мол. дол. ДСМО). При расчёте использованы параметры модели, приведенные в табл.2: ——— - переменные τ_1, τ_2 и U_1, ········ - τ^*_1, τ^*_2 и U_1=const (табл.2)

видимому, частично преодолевается, если мы предположим, что диэлектрическая релаксация воды может быть представлена двумя дебаевскими вкладами с отличающимися τ_D и g-факторами Кирквуда. Если же мы предположим, что низкочастотные спектры характеризуются одним временем τ_D и единственным фактором g, то комплексная диэлектрическая восприимчивость рассчитывается из выше приведенных выражений.

Для растворов ДМСО в воде была рассмотрена трехфракционная модель (m=3), включающая:

1) молекулы ДМСО с постоянными параметрами β и k_μ и переменными по сравнению с чистым ДМСО параметрами U_3 и τ_3 (таким путем эффективно описываются вклады «свободных» и связанных с водой молекул ДМСО;

2) сильно связанную гидратную воду с $\tau_2 > \tau_{H_2O}$ и $U_2 > U_{H_2O}$ с переменными или постоянными β и h;

3) остальные молекулы воды, среди которых присутствуют молекулы объёмной воды (в начальной области концентраций) и молекулы воды в области гидрофобной гидратации вблизи неполярных групп. Для этих молекул $\tau_1 \geq \tau_{H_2O}$, $U_1 \geq U_{H_2O}$ и $\beta_2 \approx \beta_{H_2O}$.

Заданная таким образом схема расчета имеет 13 параметров модели: глубины потенциальных ям U_1, U_2, и U_3; времена жизни молекул в заданном состоянии τ_1, τ_2 и τ_3; углы либраций β_1, β_2 и β_3; поправочные коэфициенты $k_{\mu1}$, $k_{\mu2}$ и $k_{\mu3}$ и число гидратации h, характеризующее долю связанной воды. В общем случае все эти параметры являются функциями концентрации раствора и должны быть определены либо из сравнения с экспериментальными диэлектрическими спектрами для растворов во всей области концентраций, либо заданы предположениями и/или концепцией физико-химических явлений, происходящих в растворе. Соответственно расчёт спектров может быть проведён в разных приближениях.

Таблица 2

С%	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
мол%	0,0	2,7	6,0	9,8	14,5	20,3	27,6	37,3	50,4	69,6	100
ε_S	81,0	77,7	74,4	71,0	67,8	64,5	61,2	57,9	54,6	51,3	48
U1	5,25	5,3	5,45	5,55	5,6	5,65	5,65	-	-	-	-
U2	-	7,5	7,5	7,5	7,4	7,3	7,2	7,1	7,0	7,0	-
U3	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	7,8	7,0
β_2,°	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9	21,0	22,0	23,0	23,0	23,0	-
τ_1, пс	0,45	0,50	0,7	0,8	1,0	1,2	1,2	-	-	-	-
τ_1^*, пс	0,45	0,5	0,8	1,2	1,4	1,4	1,4	-	-	-	-
τ_2, пс	-	3,3	3,3	3,3	3,3	3,15	3,0	2,2	1,4	1,2	-
τ_2^*, пс	-	3,0	3,0	3,0	3,0	2,9	2,75	2,2	1,4	1,2	-
τ_3, пс	-	3,3	3,3	3,	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	2,1	1,43
r_1, %	8,08	7,70	7,60	6,10	5,80	5,56	5,56	-	-	-	-
r_2, %	-	0,92	0,92	0,92	1,00	1,01	1,02	1,03	1,14	1,14	-
r_3, %	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,51	1,14

С - объёмные проценты, оптический показатель преломления вычислялся по аддитивной схеме: n^2_∞=1,78+0,72 С/100 ; τ_1^* и τ^*_2 при U_1=const=5,3.

Статьи

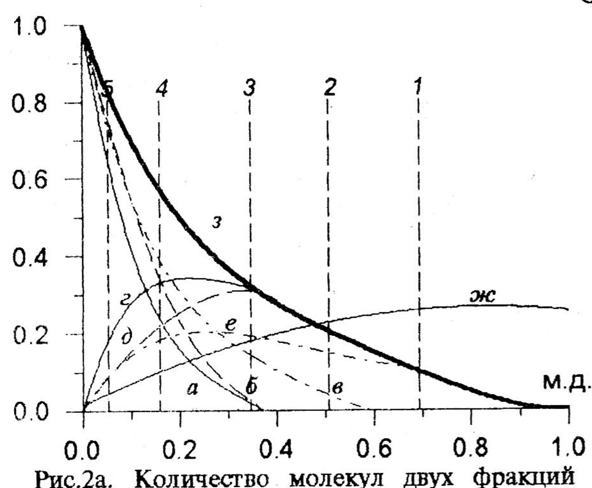


Рис.2а. Количество молекул двух фракций воды (или ДМСО) в 1 см^3 раствора в зависимости от концентрации ДМСО (в мольных долях), отнесенное к количеству молекул воды в 1 см^3 чистой воды. *а,б,в* - гидрофобная вода, *г,д,е* - гидратная связанная вода при разных числах гидратации (h) из рис.2.2.; *ж* и *з* - относительное количество молекул всей воды и ДМСО

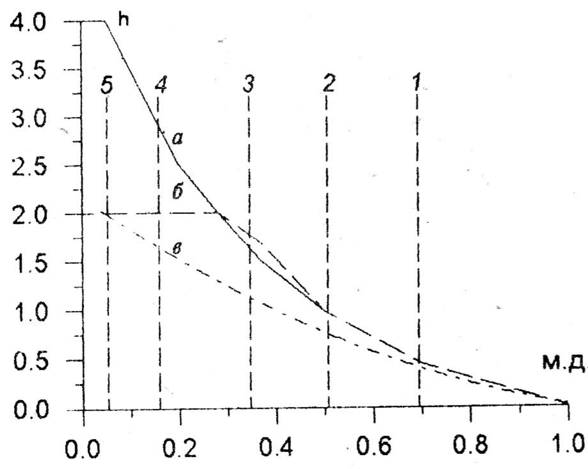


Рис. 2б. Концентрационная зависимость h в разных вариантах расчёта

Так, можно предположить, что все молекулы H_2O и ДМСО имеют те же самые β, k_μ и U, которые существуют у чистых жидкостей и основную роль играют отличия τ. Может быть рассмотрено как переменное, так и постоянное гидратное число h. Анализ спектров можно провести с учетом или без учета совместных движений молекул H_2O и ДМСО в «комплексах» (что ведет к использованию разных моментов инерции для связанных и свободных молекул ДМСО). Предполагается также, что низкочастотные спектры могут быть охарактеризованы единственным релаксационным временем τ_D и одним фактором корреляции Кирквуда (отличающимися в растворах разных концентраций). Далее рассмотрены лишь некоторые предельные варианты. В соответствии с вышеприведенной схемой структурных переходов мы ещё больше сокращаем число подбираемых при расчете параметров модели, так как некоторые из них могут считаться преимущественно изменяющимися в той или иной области концентраций, а другие можно принять постоянными. Всё это значительно упрощает проведение расчетов и увеличивает их однозначность. Параметры модели при расчёте подбирались так, чтобы получить наилучшее согласие расчётных и экспериментальных [8 - 9] τ_D(C).

Использованные при расчёте экспериментальная величина ε_s и полученные параметры при (h=2), приведены в табл.2.

На рис. 2 представлены перераспределение доли молекул во фракциях и изменение h при разных концентрациях раствора. На рис.1, 3, 4 показаны рассчитанные и экспериментальные спектральные зависимости для разных участков спектра. Как видно из рис. 3, при параметрах модели, приведенных в табл. 2, количественно хорошо воспроизводится сложная экспериментальная зависимость τ_D раствора.

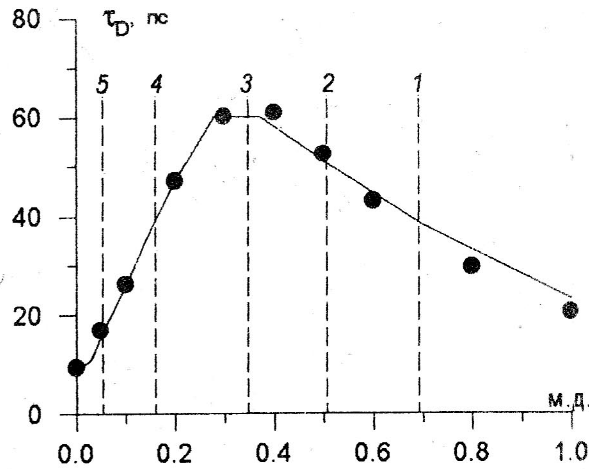


Рис.3. Зависимость времени релаксации τ_D раствора от концентрации ДМСО (в мольных долях). Пунктиром отмечены характерные точки на шкале концентраций, соответствующие соотношениям количества молекул воды к количеству молекул ДМСО в растворе: 1 - 1:2; 2 - 1:1; 3 - 2:1; 4 - 6:1; 5 - 16:1

Качественно согласуются также зависимости дефицита поглощения[1] на рис.4. Однако во всех расчетах дефицит поглощения получается больше, и это различие не устраняется разумным изменением параметров модели. Возможно лучшее согласие с экспериментом можно получить, предположив, что группы ДМСО· $2H_2O$ и ДМСО·H_2O двигаются как единое целое и поэтому имеют больший момент инерции. Проверка такой точки зрения требует дальнейших расчётов и конкретизации понятия комплекса или ассоциата, находящегося в единой сетке связей, а также сравнения с результатами работы [12].

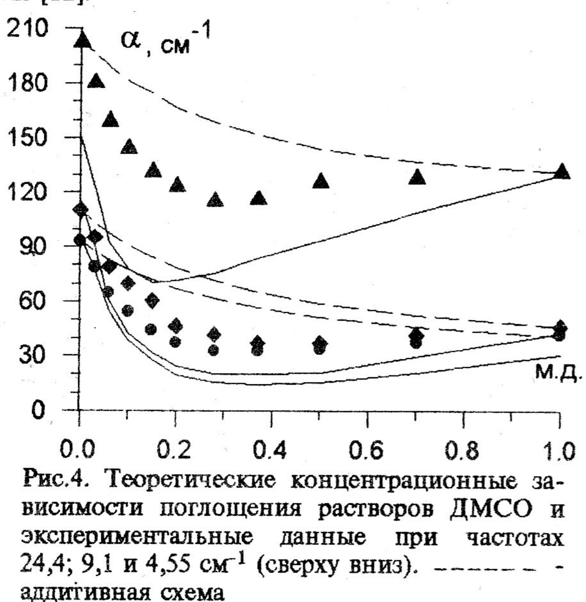


Рис.4. Теоретические концентрационные зависимости поглощения растворов ДМСО и экспериментальные данные при частотах 24,4; 9,1 и 4,55 $см^{-1}$ (сверху вниз). ------ - аддитивная схема

На рис.1 приведены рассчитанные спектральные зависимости в диапазоне 40-1000 $см^{-1}$. К сожалению, отсутствуют экспериментальные данные о поглощении для растворов ДМСО на частотах от 26 $см^{-1}$ до 200 $см^{-1}$. Из рис. 5 можно видеть, как релаксационные характеристики молекул воды и ДМСО меняются в структурных зонах раствора. Границы 1, 2, 3, 4, 5 соответствуют особым точкам в схеме структурного перехода. Тем самым они хорошо выделяются на концентрационной шкале по данным τ и U. Рост τ_1 (или τ_1 и U_1 в различных вариантах расчёта в табл.2.), а также падение r_1 подтверждают наличие гидрофобной гидратации вплоть до достаточно высоких концентраций второго компонента. Если в этой области концентраций принимается $U_1 \approx U_{H_2O}$, то рост τ_1 более отчетлив (см.табл.2). В то же время возможен вариант совместного увеличения τ_1 и U_1 с концентрацией. В целом эти зависимости различаются не сильно и отличаются, главным образом, концентрациями, при которых τ_1=const и U_1=const. Различие вариантов должно проявляться в ИК-области спектра (см. рис.1). Увеличение U_1 приводит к уменьшению пика поглощения вблизи 200 $см^{-1}$. При наличии экспериментальных измерений возможна проверка правильности одного из эти вариантов.

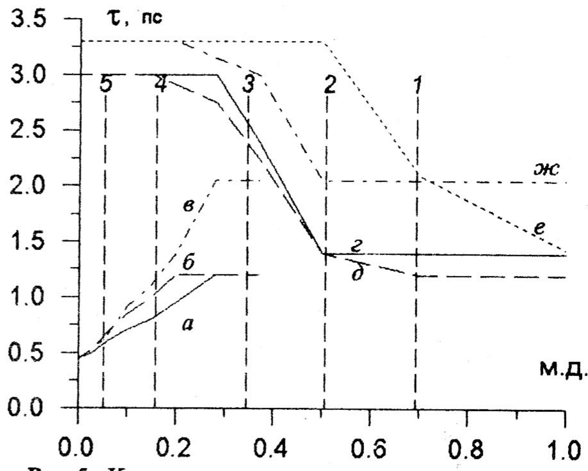


Рис.5. Концентрационные зависимости τ_1, τ_2 и τ_3 в растворах ДМСО при различных вариантах изменения h. *а,б,в* - зависимости τ_1 при вариантах *а,б,в* изменения h на рис.2б; *г, д, ж* - зависимости τ_2; *е* - зависимость τ_3. 1, 2, 3, 4, 5 - границы концентрационных структурных зон

Рост τ_3, U_3 и падение r_3 в растворах по сравнению со слабо связанным чистым ДМСО наглядно показывают переход к цепочкам Н-связей H_2O-ДМСО. Не менее интересны зависимости параметров для сильно связанной гидрофильной воды. Они были проанализированы в различных вариантах расчёта при разных изменениях или постоянстве h (рис.2). Как видно из рис.5, во всех случаях с разным h выделяются: 1) концентрационная зона при больших концентрациях ДМСО, где состояние молекул воды остаётся мало изменённым, 2) переходная область, где τ_2 (или τ_2 и U_2) далее растёт, и 3) зона

[1] Дефицитом поглощения в работах [10-12] названо меньшее по сравнению с аддитивной схемой $\alpha_{раст.}=\alpha_1 C + \alpha_3 (1-C)$ расчёта поглощения раствора.

начальных концентраций, где τ_2=const. Это соответствует структурной схеме концентрационного перехода.

В работе были рассмотрены варианты с разными зависимостями h от концентрации (рис. 2 и 5). Вариант с h=2 в широкой области концентраций оптимально реализует возможность образования группой =O двух сильных H=связей с молекулами воды. Он в наибольшей степени соответствует литературным физико-химическим данным растворов [9] и результатам компьютерных расчётов [15], а также в наилучшей степени отвечает схеме структурного перехода, задающегося границами 1, 2, 3, 4, 5 на рис.2, 3, 5. В то же время варианты с h=4 и h<2 в начальной области концентраций существенным образом не меняют общую картину. Этот результат представляет некоторый интерес, так как в реальном растворе всегда имеется распределение числа связанных частиц.

Таким образом, из приведенного анализа следует характерное отличие водных растворов ДМСО по сравнению с другими неэлектролитами. Оно заключается в том, что замедление молекулярно-кинетических движений в гидратных оболочках здесь осуществляется как за счет полярных, так и неполярных групп. В области добавок воды к ДМСО состояние молекул воды в растворах имеет характерную специфику, определяемую их значительно меньшей связанностью по сравнению с чистой водой.

В работе показана возможность использования теории расчёта широкополосной релаксации как метода для количественной оценки происходящих в растворах физикохимических процессов (оценка порядка характерных времен и изменений эффективных потенциалов межмолекулярного взаимодействия), а также предсказан вид спектров растворов в широкой полосе частот.

Изученные структурно-кинетические свойства как разбавленных, так и концентрированных растворов могут определять биологические и медицинские отличия растворов ДМСО от других водных систем.

Литература

1. Biological Action of Dimethyl Sulfoxide. C.D.Leake,Ed.- Annals of N.Y. Academy of Sciences N.-Y.- 1967.
2. Вопросы экспериментальной дерматологии // Пермь: Минздрав РСФСР, Пермский госмед. ин-т.- Вып.6.- 1975.
3. Лященко А.К., Лилеев А.С., Борина А.Ф., Шевчук Т.С. // Журн. физ. хим. (в печати).
4. Гайдук В.И., Новскова Т.А., Цейтлин Б.М. // Хим. физика (в печати).
5. Gaiduk V.I. and Gaiduk V.V. // Mendeleev Commun. (in print).
6. Гайдук В.И., Либерман Б.М. // Миллиметровые волны в биологии и медицине.- 1996.- №8.
7. Gaiduk V.I. and Tseitlin B.M. // Adv. Chem. Phys.- 1994.- V.87.- P.125-378.
8. Галиярова Н.М., Шахпаронов М.И. // Деп. ВИНИТИ, №3612-76 и 3613-76.
9. Шахпаронов М.И., Галиярова Н.М. // Физика и физикохимия жидкостей / Под ред. Филиппова Л.П., Шахпаронова М.И.- М.: Изд-во МГУ.- 1980.- Вып.4.- С.75.
10. Кудряшова В.А., Хургин Ю.И., Бакаушина Г.Ф. и др. // Изв. АН СССР.- Сер. хим.- 1978.- № 11.- С.2510.
11. Хургин Ю.И., Кудряшова В.А., Бакаушина Г.Ф. и др. // Изв. АН СССР.- Сер. хим.- 1976.- № 4.- С.926.
12. Новскова Т.А., Гайдук В.И., Кудряшова В.А., Хургин Ю.И. // Хим. физика.- 1990.- Т.9.- № 7.- 969-977.
13. Afsar M.N., Hasted J.B. // J. Opt. Soc. Am.- 1977.- V.67.- P.902.
14. Liebe H.J., Hufford G.A., Manfbe T. // Intern. J. of Infrared and Millimeter Waves.- 1991.- V.12.- P.659-681.
15. Vaisman I.I., Berkovitz M.L. // J. Amer. Chem. Soc.- 1992.- V.114.- P.7889.

Статьи

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРА ГИДРАТАЦИИ ГЛИЦИНА НА ПОГЛОЩЕНИЕ КВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ ВОДОЙ

Ю.И.Хургин, *В.А.Кудряшова, В.А.Завизион*

Институт радиотехники и электроники РАН, г. Фрязино

Состояние водной компоненты в биологических средах, как было показано ранее, оказывает заметное влияние на поглощение КВЧ-излучения облучаемыми системами [1-3]. У молекул воды, образующих прочные Н-связи с донорно-акцепторными группами молекул органических соединений, в большинстве случаев уменьшается вращательная подвижность [4, 5]. Методом абсорбционной миллиметровой спектроскопии (АМС) установлено, что в водных растворах таких соединений поглощательная способность воды уменьшается, $\alpha_{эксп} < \alpha_{ад}$ [4]. Но в отдельных случаях в водных растворах органических соединений с донорно-акцепторными группами наблюдается увеличение поглощательной способности воды, $\alpha_{эксп} > \alpha_{ад}$. Такое необычное на первый взгляд явление нами обнаружено и подробно исследовано в водных растворах мочевины [6]. Разрушающее действие мочевины на структуру воды мы объяснили особенностями молекулярной структуры мочевины, а именно присутствием в молекуле мочевины двух тесно сближенных параллельных транс-NH-связей. Поскольку расстояние между атомами водорода NH-групп (≈0,215 нм) меньше диаметра молекулы воды (≈0,3 нм), только одна молекула воды может находиться вблизи двух таких Н-транс атомов.

Расположенная в этом пространстве молекула воды может или поочередно образовывать Н-связь с одним из Н-атомов, или быть делокализованной между ними. В любом случае эта прочно связанная в гидратной оболочке мочевины *подвижная* молекула воды не имеет фиксированного положения водородной связи и проявляет повышенную вращательную подвижность, что и демонстрирует АМС в области $\lambda \approx 2$ мм [4, 6].

При исследовании нейтральных (pH=pI) водных растворов глицина нами обнаружено связанное с гидратационными эффектами увеличение поглощательной способности водной компоненты раствора [2], как и в случае мочевины. Для изучения гидратационных эффектов в водных растворах глицина нами измерены концентрационные зависимости поглощения ($\alpha_{эксп}(C_2)$, дБ/мм) ММ-излучения (λ=2-8 мм, f=150-37,5 ГГц) водными растворами глицина в интервале концентраций C_2=0,5-2,5 моль/л (рис.1). Линейные зависимости ($\alpha_{эксп}/\alpha_{H_2O}$) от C_2 на рис.1 ($\sigma<0,003$) заметно отличаются от рассчитанного вклада в поглощение водной компоненты $\alpha_{H_2O}=C_1\kappa_1$ [6], где C_1 и κ_1 - молярные концентрация и коэффициент экстинкции воды.

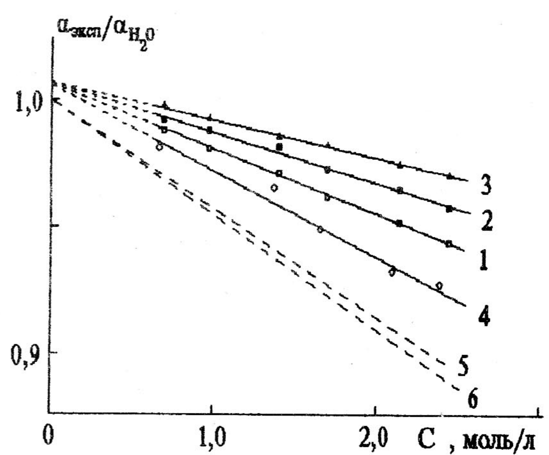


Рис.1. Концентрационные (C_2, моль/л) зависимости относительного поглощения ($\alpha_{эксп}/\alpha_{H_2O}$) водных растворов глицина при 20°С (**1** - 5 см$^{-1}$; **2** - 1.71 см$^{-1}$; **3**- 1.40 см$^{-1}$) и при 60°С (**4** - 5 см$^{-1}$). ---------- - рассчитанный вклад водной компоненты ($\alpha_1/\alpha_0=C_1/C_0$) при 20°С (**5**) и 60°С (**6**)

Как и в случае мочевины, для системы глицин+вода наблюдаемый дефицит поглощения $C_1\kappa_1-\alpha_{эксп}=\delta\alpha<0$ является отрицательной величиной. Рассчитанные на его основе эффективные числа гидратации $N_\theta^{эфф}=\delta\alpha/C_2\kappa_1$ [6] глицина (C_2 - молярная концентрация глицина) также являются отрицательными (см. таблицу). Отрицательные значения величин $\delta\alpha$ и $N_\theta^{эфф}$ для глицина указывают на преобладание эффектов разрушения структуры воды в водных растворах

глицина в форме диполярного иона, что не противоречит данным [7].

Таблица

20°C				60°C	
C_2, моль/л	$N_\theta^{эфф}$ 5 см$^{-1}$	1.71 см$^{-1}$	1.40 см$^{-1}$	C_2, моль/л	$N_\theta^{эфф}$ 5 см$^{-1}$
0.68	-1.3	-1.7	-2.2	0.67	-0.8
0.96	-1.3	-1.7	-1.9	1.37	-1.1
1.39	-1.3	-1.7	-1.9	1.65	-0.8
1.68	-1.2	-1.5	-1.9	2.09	-0.7
2.13	-1.2	-1.5	-1.8	2.39	-0.7
2.43	-1.2	-1.5	-1.8		

Мы предполагаем, что отрицательный дефицит поглощения $\delta\alpha<0$ в водных растворах мочевины и глицина обусловлен похожим механизмом гидратации этих соединений, то есть наличием в диполярном ионе глицина центра отрицательной гидратации (достаточно близко расположенных атомов, способных образовывать Н-связи с молекулами воды). В диполярном ионе глицина

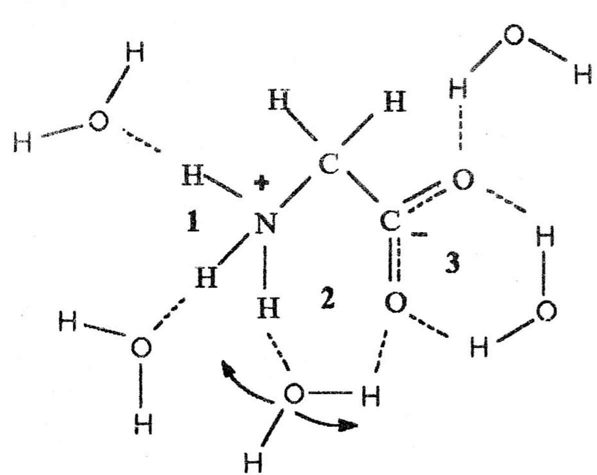


Рис. 2. Схема гидратации диполярного иона глицина

возможно существование трех центров гидрофильной гидратации (**1**, **2**, **3**):

Вопрос заключается в том, какие из трех имеющихся центров являются местом локализации положительной гидратации, а какие отрицательной? Проведенные методом АМС исследования щелочных форм α-аминокислот и некоторых солей карбоновых кислот показали, что предпочтительной гидратацией группы COO^- является положительная гидратация (центр **3**). В гидратной оболочке COO^--группы по данным [8] могут расположиться 3 молекулы воды, причем одна из молекул воды образует прочные Н-связи одновременно с обоими атомами кислорода. Группа NH_3^+ способна образовывать Н-связи с тремя молекулами воды. Но согласно [8] одна из молекул воды одновременно образует Н-связь и с атомом кислорода COO^--группы. Таким образом, наиболее вероятным центром отрицательной гидратации в диполярном ионе глицина, на наш взгляд, является пространство между NH- и CO-группами (центр **2** на рис. 2). В пользу этого говорят следующие данные.

Во-первых, этой точке зрения не противоречат квантово-механические *ab initio* расчеты системы глицин-вода [8].

Во вторых, ИК-спектры в области обертонов показали образование прочного 1:1 молекулярного комплекса α-аминокислота-вода [9]. Молекула воды в таких комплексах по предположению авторов образует одновременно две Н-связи с донорной (CO) и акцепторной (NH) группами α-аминокислот соответственно.

Проведенные нами исследования характера поглощения ММ-излучения водными растворами аминокислот при разных pH растворов (от кислой до щелочной форм) и ряда модельных соединений указали на то, что увеличение поглощательной способности водной компоненты наблюдается в кислой и нейтральной средах и отсутствует в щелочной среде. В щелочной форме у глицина изменение стереохимических параметров молекулы, вероятно, приводит к исчезновению центра отрицательной гидратации **2**. В кислой форме центр отрицательной гидратации **2** сохраняется, но при этом изменяется характер гидратации карбоксильной группы, так как изменяется ее молекулярный состав, что в конечном итоге оказывает влияние на характер гидратации молекулы глицина в целом.

Наблюдаемые эффекты воздействия растворенного вещества на структуру воды в АМС проявляются как алгебраическая сумма эффектов стабилизации (положительная гидратация, $\delta\alpha>0$, $N_\theta^+>0$) и дестабилизации (отрицательная гидратация, $\delta\alpha<0$, $N_\theta^-<0$) структуры воды: $N_\theta^{эфф}=N_\theta^++N_\theta^-$ [6]. Отрицательные значения $\delta\alpha$ и $N_\theta^{эфф}$ у диполярного иона глицина указывают на преобладание эффектов дестабилизации структуры воды в водных растворах этого соединения.

Если исходить из того, что в диполярном ионе глицина имеется центр отрицательной гидратации 2, тогда $N_\theta^+=4$ (2 молекулы H_2O у группы COO^- и 2 молекулы H_2O у двух атомов водорода группы NH_3^+), а $N_\theta^- \approx -1{,}3-4=-5{,}3$. Удерживаемая в первой гидратной сфере подвижная молекула воды, сохраняя вращательную подвижность (время жизни ее подвижного состояния должно быть не менее характерного времени метода АМС, $\tau \geq$ 10 пс), может быть вторичным центром отрицательной гидратации, разрушающим структуру окружающей воды во второй гидратной сфере, что приводит к увеличению N_θ^- до ~5 [6]. Таким образом, общее число молекул воды, иммобилизованных в гидратной оболочке диполярного иона глицина, составит ~9, что согласуется с результатами моделирования процесса гидратации диполярного иона глицина методом Монте-Карло [10].

Некоторое уменьшение величин $N_\theta^{эфф}$ при 60°С (см. таблицу), на наш взгляд, может быть результатом увеличения теплового движения слабо связанных подвижных молекул воды во второй гидратной сфере. Это приводит к тому, что эффект подвижной молекулы воды как вторичного центра гидратации выражен слабее.

При $\lambda > 5$ мм, как видно из таблицы, отрицательные значения $N_\theta^{эфф}$ диполярного иона глицина возрастают. Это можно объяснить проявлением релаксационных процессов в объеме воды при увеличении длины волны ММ-излучения, в то время как соответствующие эффекты в области 1-3 мм практически не проявляются [11].

Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 95-03-08958а).

Литература

1. Хургин Ю.И. Первичная рецепция миллиметровых волн // Межд. симп. "Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине": Сб. докл.- М.: ИРЭ АН СССР.- 1991.- Ч.3.- С.560-565.
2. Завизион В.А., Кудряшова В.А., Хургин Ю.И. Влияние α-аминокислот на взаимодействие ММ-излучения с водой // Миллиметровые волны в биологии и медицине.- 1994.- №3.- С.46-52.
3. Родштат И.В. Некоторые морфологические предпосылки и ограничения для моделирования физических процессов в коже при воздействии на нее миллиметровыми радиоволнами // Медико-биологические аспекты ММ-излучения.- М.: ИРЭ АН СССР.- 1987.- С.207-214.
4. Khurgin Yu.I., Kudryashova V.A., Zavizion V.A., Betskii O.V. Millimeter Absorption Spectroscopy of Aqueous Systems // Adv. Chem. Phys.- 1994.- V.87.- P.483-543.
5. Хургин Ю.И., Кудряшова В.А., Завизион В.А. Абсорбционная миллиметровая спектроскопия. Межмолекулярные взаимодействия, гидратация // РЭ.- 1996.- Т.41.- №6.- С.737-743.
6. Хургин Ю.И., Кудряшова В.А., Завизион В.А. Исследование межмолекулярных взаимодействий в растворах методом миллиметровой спектроскопии. Сообщение 4. Отрицательная и положительная гидратация в водных растворах мочевины // Изв. АН СССР.- Сер. химическая.- 1990.- №2.- С.314-320.
7. Barone G., Castronuovo G., Elia V., Stassinopoulou K., Della Gatta G. Excess Enthalpies of Aqueous Solutions of Amides and Saccharides // J. Chem. Soc., Faraday Trans. I.- 1984.- V.80.- №11.- P.3095-3102.
8. Kokpol S.V., Doungdee P.V., Hannongbua S.V., Rode B.M. Ab Initio Study of the Hydration of the Glycine Zwitterion // J. Chem. Soc., Faraday Trans. I.- 1988.- V.84.- №11.- P.1789-1792.
9. Орлов И.Г., Маркин В.С., Моисеев Ю.В., Хургин Ю.И. Влияние неэлектролитов на ИК-спектр воды. II. Гидратация и структура аминокислот и пептидов в водных растворах // Журн. струк. хим.- 1966.- Т.7.- С.796-798.
10. Alagona G., Ghio C., Kollman P.A. Monte Carlo Simulation Studies of the Solvation of Ions. 2. Glycine Zwitterion // J. Molec. Structure (Theochem.).- 1988.- V.166.- P.385-392.
11. Новскова Т.А., Гайдук В.И. Связь спектров поглощения с вращательным движением молекул жидкой и связанной воды // Биофизика.- 1996.- Т.41.- Вып.3.- С.565-582.

Статьи

The Influence of Glycine Hydration Character on MM-Radiation Absorption in Water

Using Millimeter Absorption Spectroscopy it was shown that the enhancement of water component absorption in aqueous solutions of glycine (pH=pI) is the result of molecular structure of glycine dipolar ion, creating a negative hydration center.

ИЗОТЕРМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ С БИООБЪЕКТАМИ. ЧАСТЬ II. СОПОСТАВЛЕНИЕ ТЕОРИИ С ЭКСПЕРИМЕНТОМ

Ю.П. Чукова

г. Москва

4. Учет термодинамической необратимости процесса

В первой части этой работы [19] были изложены основные законы, которым подчиняется изотермическое преобразование энергии электромагнитного излучения в свободную энергию Гельмгольца. Рассмотрение носило самый общий характер, результаты которого могут быть проанализированы для любого участка спектра частот (или длин волн), что и было сделано в первой части.

Как известно, правильность любой теории проверяется её соответствием эксперименту, что особенно актуально при появлении новой теории, каковой и является теория [19]. Такое сопоставление будет основной задачей второй части данной публикации.

Все зависимости, полученные в первой части, относились к предельному КПД $h^*_э$ преобразования энергии

$$\eta^*_э = 1 - T\dot{S}_a/\dot{W}_a, \qquad (28)$$

которое могло бы реализоваться в одном единственном случае полной термодинамической обратимости процесса, при которой скорость генерации энтропии $\dot{S}_i=0$. Здесь и далее используются обозначения, введенные в первой части работы (список приведен в конце статьи).

* Часть I см. [19]

Для экспериментатора величина, называемая термодинамическим пределом, не актуальна, поскольку в эксперименте может быть измерен лишь реальный КПД, даваемый формулой (3) первой части работы

$$\eta_э = 1 - T(\dot{S}_a + \dot{S}_i)/\dot{W}_a, \qquad (3)$$

да и он-то измеряется лишь в наиболее изученных системах и, как правило, для каких-то технических процессов и устройств. Таковыми в настоящее время являются солнечные батареи и фотохимические реакции. Из процессов живой природы сюда мог бы быть отнесен только фотосинтез в зелёных листьях. И тем не менее, как будет показано ниже, теоретическое рассмотрение поведения КПД эндоэргических реакций (и даже их предельных КПД!) весьма полезно, как полтора столетия назад оказалось продуктивным и прогрессивным рассмотрение КПД цикла Карно.

Как видно из сопоставления формул (3) и (28), реальный КПД $h_э$ меньше предельного КПД $h^*_э$ на величину $T\dot{S}_i/\dot{W}_a$

$$\eta_э = \eta^*_э - T\dot{S}_i/\dot{W}_a, \qquad (29)$$

которая, как будет показано ниже, по-разному влияет на величину реального КПД преобразования в области Вина (видимый свет и рентген) и в области Рэлея-Джинса (радиочастотное излучение).

Как известно, при малых отклонениях от состояния равновесия, процессы протекают, подчиняясь линейным законам, и по

линейному закону возрастает скорость генерации энтропии $\dot{S}_i$

$$\dot{S}_i = \alpha \dot{W}_a, \qquad (30)$$

где α - константа.

Покажем, как такой характер изменения $\dot{S}_i$ влияет на предельный КПД $h^*_э$ преобразования энергии в области Вина и в области Рэлея-Джинса.

Область Вина

На рис.3 (в первой части статьи) дана зависимость предельного КПД $h^*_э$ от спектральной плотности поглощенного излучения E_n для четырех значений длины волны излучения: 400, 780, 1500 и 3000 нм. Сейчас мы выберем одно из этих значений, например 400 нм, и покажем, как будет изменяться предельный КПД $h^*_э$ преобразования при учете скорости генерации энтропии $\dot{S}_i$. Результат представлен на рис.9. Сплошная линия дает значение предельного КПД $h^*_э$, а две пунктирные линии - значения реального КПД $h_э$ при линейном возрастании скорости генерации энтропии для двух значений α.

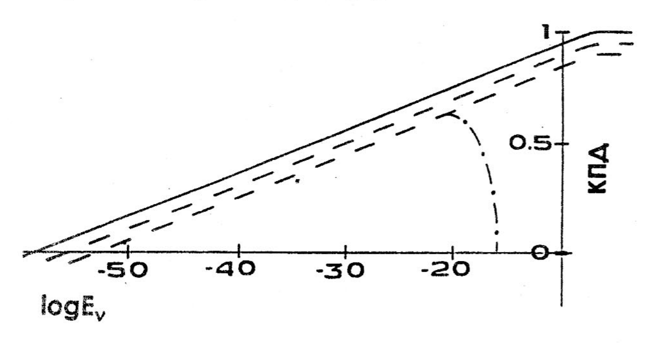


Рис.9. Влияние скорости генерации энтропии на зависимость КПД преобразования энергии электромагнитного излучения в свободную энергию: ——— - предельный КПД, ------ реальный КПД при условии линейного роста скорости генерации энтропии, -·-·-·-·- - то же с учетом сверхлинейного роста

Из рис. 9 видно, что учёт линейного возрастания скорости генерации энтропии приводит просто к параллельному сдвигу всей кривой вдоль оси КПД, причем расстояние, на которое сдвигается кривая, численно равно αT, где T - абсолютная температура системы, что вполне понятно, так как подстановка (30) в (29) дает

$$\eta_э = \eta^*_э - \alpha T. \qquad (31)$$

Графики рис. 9, построенные при T=300 K, демонстрируют два результата, чрезвычайно важных для экспериментаторов [20, 21]:

1) КПД равный единице, является признаком идеального (термодинамически обратимого) процесса. Любой реальный процесс, имея ту или иную необратимость, будет иметь максимальный КПД ниже единицы. И это снижение КПД определяется двумя параметрами: температурой T и константой α, возрастая при увеличении любой из них. При любом ином (не максимальном) значении предельного КПД $h^*_э$ реальный КПД $h_э$ будет меньше на ту же величину αT;

2) реальный КПД может быть сведён к нулю даже в системе, лишённой каких-либо нелинейностей, где имеет место лишь линейное возрастание скорости генерации энтропии, т.е. где имеет место отклонение от состояния равновесия вроде бы небольшое, коль скоро процессы линейны. Но само значение α в таких процессах должно быть большим.

Общеизвестное утверждение, что лишь при слабом отклонении от равновесия процессы протекают по линейным законам, порождает вопрос о том, что считать слабым, а что сильным отклонением от равновесия. На нём мы остановимся ниже, а сейчас, приняв во внимание, что линейное возрастание скорости генерации энтропии при некоторых условиях сменяется сверхлинейным, посмотрим, как это отразится на рассматриваемой зависимости [22].

Штрихпунктирная линия на рис. 9 даёт характер изменения КПД при условии квадратичного закона возрастания скорости генерации энтропии, т.е. в условиях, когда формула (30) должна быть заменена выражением

$$\dot{S}_i = \alpha \dot{W}_a + \beta \dot{W}_a^2, \qquad (32)$$

где β - некоторый параметр, который может быть постоянной или переменной величиной.

Рис. 10 дает полную картину потерь энергии при преобразовании электромагнитного излучения в области Вина [23]. Здесь отчётливо видны три области потерь совсем разного происхождения (штриховка разного

типа). Область 1 (вертикальная штриховка) - это область потерь, связанная с ненулевой энтропией поглощенного излучения ($\dot{S}_a \neq 0$). Излучение всегда имеет энтропию отличную от нуля. В зависимости от характеристик излучения энтропия может сильно изменяться, и наибольшую энтропию имеет равновесное излучение (излучение чёрного тела). С ростом поглощённой мощности излучения $\dot{W}_a$ растет и поток соответствующей ей поглощенной энтропии $\dot{S}_a$, но поскольку $\dot{W}_a$ растет быстрее, чем $\dot{S}_a$, то согласно формуле (28) величина потерь этого типа ($T\dot{S}_a / \dot{W}_a$) будет уменьшаться с ростом поглощенной энергии и предельный КПД h*э будет стремиться к единице.

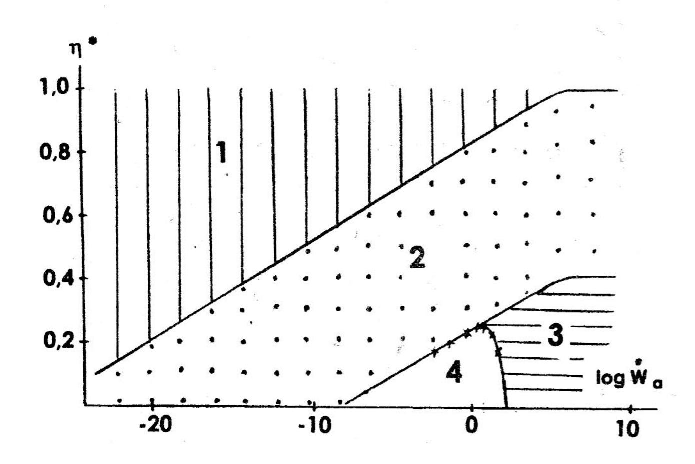


Рис.10. Три области потерь энергии

Область 2 (поле, покрытое точками) - это потери, связанные с теми процессами в самом преобразователе, которые дают линейное возрастание скорости генерации энтропии $\dot{S}_a$, определяя нормальные условия функционирования системы, что особенно актуально для живых организмов, в которых часть энергии электромагнитного поля (строго определенная часть $\alpha \dot{W}_a$) неизбежно должна диссипировать в тепло.

Область 3 (горизонтальная штриховка) - область потерь, связанных со сверхлинейным возрастанием $\dot{S}_i$. В этих условиях преобразование энергии электромагнитного излучения в тепло становится процессом, превалирующим над преобразованием в свободную энергию Гельмгольца и в конце концов сводящим к нулю любой эндоэргический процесс.

На рис.10 есть еще незаштрихованный участок 4, который выделяет область допустимых реальных КПД преобразователей, а его граница с областями 2 и 3 дает зависимость реального КПД преобразования от поглощенной энергии. Этот рисунок удобен для демонстрации динамического диапазона эндоэргического эффекта.

Динамическим диапазоном называется интервал значений $\dot{W}_a$ (или E_v) от точки границы эндоэргических процессов с экзоэргическими до того значения, где КПД вновь становится равным нулю из-за процессов сверхлинейной скорости генерации энтропии $\dot{S}_i$ и превращения всей энергии электромагнитного излучения в тепло.

На рис.10 динамический диапазон эндоэргического эффекта составляет приблизительно 11 порядков и простирается от значения 10^{-9} Вт/см^2 до значения 100 Вт/см^2 поглощённой мощности и соответствует вполне реальному устройству. Это солнечная батарея, сконструированная на основе кремния и описанная в одной из работ американского исследователя Д.Е. Арвизу [46]. Крестиками представлены экспериментально полученные значения КПД этой солнечной батареи для нескольких выбранных Д.Е.Арвизу значений энергии.

Следует подчеркнуть, что только высокоразвитые технологии создания солнечных элементов позволили осуществить прямое сопоставление расчетных данных развиваемой здесь теории с экспериментальными результатами. Согласие их (как видно из рисунка) оказалось вполне удовлетворительным. Температурные зависимости КПД, полученные в эксперименте, также соответствуют тому, что следует из развиваемой теории.

Здесь нужно обратить внимание ещё на одну деталь протекания процессов с изменением свободной энергии Гельмгольца в живых организмах по сравнению с техническими устройствами, а именно на существование не просто порога эндоэргических процессов, а границы эндоэргических и экзоэргических процессов. Поясним это на примере процесса фотосинтеза в зеленых листьях.

Как известно, общая схема такого процесса соответствует реакции

$CO_2 + H_2O \Leftrightarrow CH_2O + O_2$,

причем слева направо процесс протекает только при поглощении света. Это фотосинтез. Противоположный процесс (справа налево) происходит самопроизвольно и протекает в темноте. Это процесс дыхания. Эндоэргическим является процесс фотосинтеза, а экзоэргическим - процесс дыхания.

При некоторых условиях оба процесса компенсируют друг друга, и реакция не сдвигается ни вправо, ни влево. Такая точка называется компенсационной и зависит от ряда параметров (концентрации реагентов, освещенности и т.д.). Выражение "компенсационная точка по освещенности" обозначает то значение освещенности, при котором эндоэргический и экзоэргический процессы компенсируют друг друга. Положение этой точки, т.е. порога эндоэргического процесса измерено для многих тенелюбивых и светолюбивых растений, а также водорослей.

Представление о том, сколь различно положение точки порога эндоэргических процессов в разных системах дает табл. 1, где представлены три типа процессов. Во-первых, это процессы фотосинтеза у светолюбивых, тенелюбивых растений и водорослей (левый столбец таблицы), во-вторых, это процессы фотодвижения простейших организмов (второй слева столбец). Один из главных жизненных процессов - зрение человека представлен правым столбцом таблицы. А для того, чтобы цифры в таблице были реально ощутимыми, приведено положение границ гражданских сумерек. Начало гражданских сумерек связано с моментом захода Солнца, а конец с его погружением на 6-7 градусов. В конце периода гражданских сумерек уже нельзя читать и даже рассмотреть несветящийся циферблат часов. Кроме гражданских сумерек существуют ещё навигационные и астрономические, но человек в обиходе свой жизни почти не сталкивается с ними, и сравнение с ними никакому углублению понимания вопроса не способствует. Для полноты картины можно добавить, что эндоэргические процессы в кремниевых солнечных батареях начинаются приблизительно при 10^{-23} Дж/см^2, что на три порядка хуже, чем пороговое зрение человека [46].

Область Рэлея-Джинса

Теперь покажем, как влияет скорость генерации энтропии на процессы преобразования энергии, протекающие в области Рэлея-Джинса [15]. Зависимость предельного КПД от величины поглощенной спектральной плотности E_ν представлена на рис.11 сплошными линиями 1, 2 для излучения с частотами $3 \cdot 10^{10}$ Гц и 10^{11} Гц соответственно. Сразу же обращает на себя внимание совсем иной характер роста предельного КПД $h^*_э$ по сравнению с тем, что было описано выше для области Вина. Если в области Вина имеется очень слабый рост предельного КПД эндоэргического процесса, то в области Рэлея-Джинса он очень быстрый: при увеличении поглощенной энергии в 10 раз КПД возрастает от 0 до 0,9. Затем КПД достигает значения равного 1, т.е. выходит на плато, где всякая зависимость от $\dot{W}_a$ (или E_ν) исчезает вовсе. Второе отличие состоит в том, что зависимость становится унифицированной: изменение частоты никак не влияет на вид кривой, а только сдвигает ее вдоль оси энергий. В области Вина ситуация была иной: с изменением частоты (длины волны) изменялся наклон линии, определяющей скорость возрастания КПД при увеличении поглощения (см. рис. 3 в первой части статьи).

Теперь покажем, как влияет скорость генерации энтропии на предельный КПД при условии линейности протекающих процессов. На рис.12 сплошной линией представлен предельный КПД $h^*_э$, а пунктирными линиями 1 и 2 - значения реального КПД, вычисленные с учетом линейного возрастания $\dot{S}_i$ по формуле (30), причем для пунктирной кривой 2 значение α выше, чем для кривой 1.

Здесь мы опять видим отличие от области Вина. В области Вина учет линейного роста $\dot{S}_i$ приводит к сдвигу кривой предельного КПД вдоль оси КПД, а в области Рэлея-Джинса при таком же характере изменения $\dot{S}_i$ сдвиг происходит вдоль оси энергий.

В итоге приходится констатировать третье отличие этой области от области Вина: увеличение частоты поглощенного излучения и увеличение скорости генерации энтропии в условиях линейности процесса оди-

наковым образом сдвигают кривую предельного КПД в сторону более высоких значений поглощения.

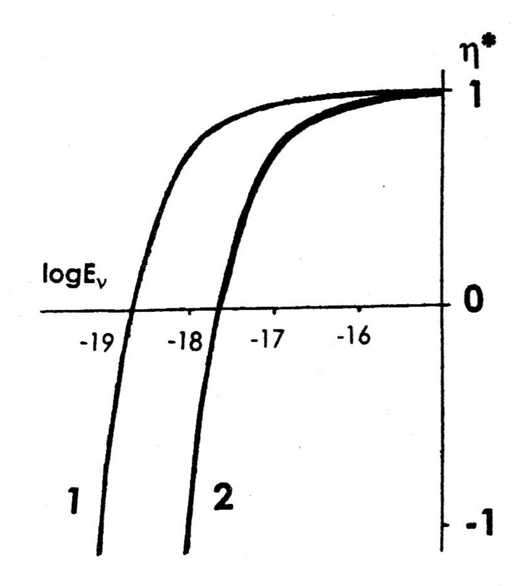


Рис.11. Зависимость предельного КПД преобразования энергии в эндоэргических процессах для частоты $3 \cdot 10^{10}$ Гц (кривая 1) и 10^{11} Гц (кривая 2)

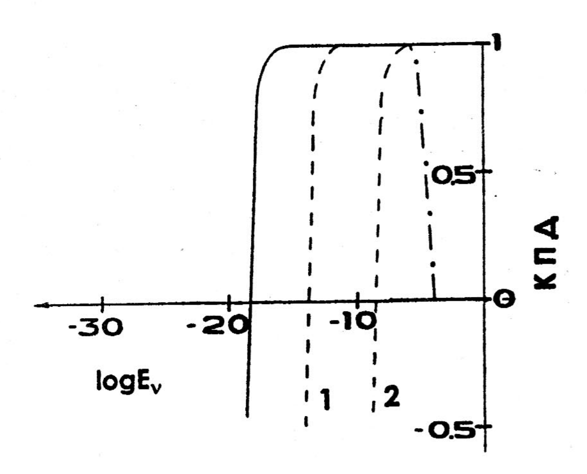


Рис.12. Влияние скорости генерации энтропии на зависимость КПД преобразования энергии: ———— - предельный КПД, ··············· - реальный КПД при условии линейного роста скорости генерации энтропии, −·−·−·−·− - то же с учетом сверхлинейного роста скорости генерации энтропии

Учет сверхлинейного роста $\dot{S}_i$ так же, как и в области Вина, приведёт к быстрому спаду реального КПД и окончанию эндоэргического процесса, что демонстрирует штрихпунктирная линия на рис.12.

Следует подчеркнуть, что это свойство является вторым общим свойством двух областей (области Рэлея-Джинса и области Вина), а первым является предшествующее возрастание КПД при увеличении поглощения энергии.

Подчеркнём ещё одно отличие области Рэлея-Джинса от области Вина, которое имеет чрезвычайное значение: в области Рэлея-Джинса уменьшить максимальное значение реального КПД, равное единице, могут только нелинейные процессы, а линейные не могут. Действительно, как показывает рис.12, пунктирные кривые реального КПД имеют максимальное значение, равное единице, так же, как и предельный КПД. Напомним, что в области Вина один только линейный рост скорости генерации энтропии при отклонении от равновесия уже приводит к уменьшению максимального значения КПД по сравнению с единицей, и это отклонение от единицы может быть столь значительным, что способно свести КПД к нулю.

Если в области Вина благодаря высокому уровню развития солнечных батарей можно было говорить о проверке новой теории путем сопоставления с результатами промышленных и лабораторных испытаний, то в области Рэлея-Джинса ситуация совсем иная.

Нетепловые эффекты ММ-излучения были обнаружены в 1973 г. [1] и до сих пор не получили всеобщего признания. Совсем наоборот, ученые США считают, что их не существует вообще, и после многочисленных попыток обнаружить их в семидесятые [24] и в более поздние годы [25] сейчас этой проблемой не занимаются. В таких условиях на развиваемую и изложенную здесь теорию полезно посмотреть совсем с другой стороны. Коль скоро в теории много больше ясности, чем в эксперименте, можно попытаться с её помощью вывести эксперимент из того тупика, в котором он сейчас находится. А тупик этот вырисовывается более чем отчетливо, и вышеупомянутый отказ американцев от подобных исследований

лишь одна (хотя и самая впечатляющая) сторона этого тупика.

К этому следует присовокупить еще несколько аспектов ситуации, которые в силу осторожности назовем странными. Первый из них таков: некоторые исследователи первоначально в каких-то пробных экспериментах видели нетепловые эффекты, а позднее, экспериментируя на усовершенствованных установках, эффекта уже не обнаруживали. Второй ещё более странный: первооткрыватели эффектов словно бы не видели, не замечали той сложной ситуации вокруг обнаруженных эффектов, которая с годами все более усугублялась. Мне не удалось обнаружить ни одного печатного источника, где бы они хоть вскользь зафиксировали неоднозначность положения, уже не говоря об анализе истоков такой ситуации. Они эту сложную ситуацию как бы не замечали. На неё обычно указывали сторонние обозреватели проблемы [26].

Такое положение для науки весьма нетипично, ибо здесь делом чести считается самоотверженная защита своих открытий. Более того, авторы наиболее интересного, аккуратно поставленного и детально описанного эксперимента по синтезу колицина кишечной палочкой, к рассмотрению которого мы сейчас перейдём, покинули эту область науки, оставив потомкам эксперимент, повторить который никто не смог с 1973 года. И, наконец, последнее и самое главное. После 1973 года не было описано ни одного равноценного эксперимента, уже не говоря о том, что 20 с лишним лет, которые минули после открытия, вполне достаточны по современным меркам для демонстрации существенного прогресса, но прогресса в области биологического эксперимента, увы, не наблюдается.

Прогресс обозначился совсем в другом месте - в медицине. И опять неожиданность: обычно лишь завершенный и вполне отработанный биологический эксперимент, как бы расширяя сферу своего применения, вступает в медицину. Здесь перенос совершился скачком при отсутствии достаточной стартовой площадки в биологическом эксперименте, но этот скачок дал феноменальный результат. Сейчас, судя по российским публикациям, медики на основе нетепловых эффектов ММ-излучения лечат широкий круг болезней (острые вирусные гипатиты, сердечно-сосудистые, почечные, кожные заболевания, язвенную болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, раковые заболевания и т.д.). По сообщениям, поступившим с Украины, число болезней, поддающихся лечению таким методом, достигает шести десятков, а российские ученые называют цифру 80 [27].

Мною была сделана попытка разобраться в этой нетривиальной ситуации с помощью вышеописанного метода. И здесь сразу же обнаруживается колоссальная сложность: теория изучает поведение КПД в разных условиях, а в рассматриваемой области эксперимента его никто никогда не измерял. И это неплохая предпосылка для бездейсивия теоретика, поскольку экспериментаторы изучают некие тесты, связь которых с КПД должна рассматриваться особо и не всегда может быть обнаружена в явном виде.

Вообще следует сказать, что изучение КПД живых систем - это всегда финал многолетних успешных и разносторонних исследований системы, а в области СВЧ-биоэффектов , как видно из вышеизложенного, идет борьба с трудностями недалеко от старта. И тем не менее, несмотря на все это, можно попытаться использовать вышеизложенную теорию для того, чтобы продвинуть вперед внутреннее понимание сложившейся ситуации.

Действительно, тот эффект (тест), который фиксирует экспериментатор (если фиксирует), всегда связан с изменением свободной энергии Гельмгольца (в изотермических процессах, которые и составляют предмет нашего теоретического рассмотрения и являются выразителями тех или иных аспектов жизнедеятельности), а изменение свободной энергии Гельмгольца DF зависит лишь от двух величин: КПД преобразования одного вида энергии в другой $h_э$ и поглощенной мощности $\dot{W}_a$

$$\Delta F = \eta_э \dot{W}_a . \qquad (33)$$

Если хотя бы одна из этих величин равна нулю, то изменение свободной энергии DF тоже будет равно нулю, т.е. экспериментатор не будет наблюдать никакого эффекта. Эффект будет отсутствовать. Вот почему любое исследование начинается с поиска тех условий, когда начинается поглощение энер-

гии. Но даже если поглощение энергии зафиксировано, но КПД её преобразования в свободную энергию равен 0, экспериментатор эндоэргического эффекта не заметит.

И здесь весьма кстати вспомнить, что все экспериментаторы отмечают пороговый характер нетепловых биоэффектов ММ-излучения. А это означает, что те исследователи, которым повезло, отчетливо зафиксировали точку, когда КПД является нулевым. Именно этой точке посвящён значительный объем теоретических рассмотрений 1 части статьи, и это означает, что теоретик имеет тот трамплин, от которого он может оттолкнуться при попытке провести сопоставление теории с экспериментом.

Мы начнём его с уже упоминавшегося эксперимента Смолянской и Виленской по синтезу колицина кишечной палочкой. Перед тем, как перейти к сопоставлению эксперимента с расчетом, полезно несколько более пристально вглядеться в эксперименты, чтобы выделить среди всех описанных результатов те, которые позволяют то или иное сопоставление.

Ответная реакция биообъекта на влияние электромагнитного поля фиксируется с помощью некоего биологического теста. В настоящее время можно назвать несколько десятков тестов, с помощью которых экспериментаторы пытались это влияние зафиксировать. Все эксперименты могут быть разделены на две группы: качественные и количественные. Тесты качественного характера с теорией сопоставляться не могут. Большинство описанных в литературе тестов носят качественный характер. С результатами расчета можно пытаться сопоставить только количественные эксперименты. Количественная характеристика ответной реакции биообъекта обычно вводится как отношение некоторой численно фиксируемой величины, измеряемой при воздействии электромагнитного поля, к этой величине в обычных условиях, при этом числитель именуется величиной в опыте, а знаменатель - величиной в контроле. Поясним это на примере.

При лечении онкологических заболеваний используется рентгеновское облучение (лучевая терапия) и противоопухолевые препараты (саркозин, циклофосфан, фторафур, имифос). Однако при обоих видах терапии наблюдаются побочные отрицательные эффекты, например ухудшение костномозгового кроветворения. Численно фиксируемой величиной является число клеток костного мозга (N). Экспериментально было установлено, что миллиметровые волны сами по себе не вызывают каких-либо явных нарушений в организме и не влияют на рост злокачественных новообразований, но комбинированное воздействие ММ-излучения с противоопухолевыми препаратами (или с рентгеновским облучением) снижает поражающий эффект воздействия на костномозговое кроветворение, что может быть зафиксировано подсчетом числа клеток костного мозга (N_0). Величиной, для которой приводятся все функциональные зависимости [28], является отношение

$$N_0/N_k, \qquad (34)$$

где N_0 - число клеток в эксперименте, а N_k - в контроле. Очевидно, что эта величина ни в коей мере не является КПД. В большинстве других экспериментов ответная реакция организма фиксируется аналогично.

В работе [12] при исследовании синтеза колицина кишечной палочкой измерялся коэффициент индукции K_u, который авторы определили следующим образом

$$K_u = \Lambda_0 K_k / K_0 \Lambda_k, \qquad (35)$$

где Λ_0 - количество клеток, образовавших колицин в опыте; K_0 - общее количество колициногенных клеток в опыте; Λ_k - количество клеток, образовавших колицин в контроле; K_k - общее количество колициногенных клеток в контроле.

Для выявления сути дела полезно формулу (35) изобразить в виде

$$K_u = (\Lambda_0/K_0)/(\Lambda_k/K_k). \qquad (36)$$

Тогда видно, что величина K_u введена в некотором роде аналогично (34). Аналогия заключается в том, что и числитель и знаменатель представляют собой одну и ту же величину Λ/K, но измеряемую в опыте (числитель) и в контроле (знаменатель). Итак, во всех способах измерений ответной реакции биообъекта знаменатель имеет смысл нормирующего множителя. Физический смысл числителя в формулах (34) и (35) существенно различен. Общее количество колициногенных клеток K, клеток, способных поглощать СВЧ-излучение, оказывается связанным с величиной поглощенной мощности, а количество клеток, образовавщих колицин Λ, есть характеристика количества

вещества, в котором произошло преобразование свободной энергии. Иначе говоря, если бы были известны некоторые физические характеристики кишечной палочки (ее свободная энергия и поглощательная способность), то знание K_u позволило бы ввести строгое значение КПД процесса синтеза колицина в соответствии с формулой (33). Следовательно, K_u хотя и не является КПД в прямом смысле, но может рассматриваться как величина ему пропорциональная, и поэтому сопоставление, приведенное на рис.13, может считаться правомерным.

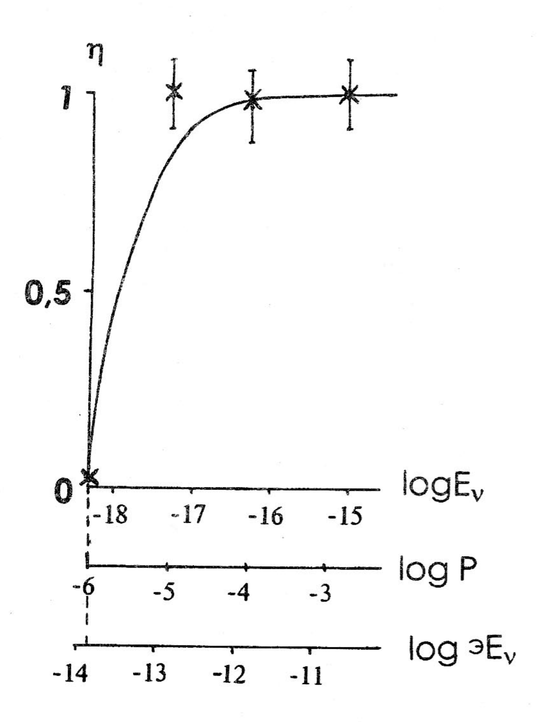


Рис.13. Сопоставление расчета (————) с экспериментом (×××××) по синтезу колицина кишечной палочкой

На рис.13 крестиками представлена полученная Смолянской и Виленской зависимость коэффициента индукции колицина K_u от поглощённой мощности. Вертикальные отрезки дают ошибку измерения K_u, отложенного по оси ординат, так же, как и КПД. По оси абсцисс отложены несколько величин: мощность P, измеренная в эксперименте; спектральная плотность потока поглощенного в эксперименте излучения ${}^{э}E_{\nu}$, рассчитываемая по формуле

$$ {}^{э}E_{\nu} = P/\Delta\nu, \qquad (37) $$

а также спектральная плотность мощности поглощенного излучения E_{ν} (все величины приведены в логарифмическом масштабе).

Частотный интервал $\Delta\nu$ принят равным $7{\cdot}10^7$ Гц на основании данных, приведенных в статье [12]. Сплошной линией представлен предельный КПД преобразования энергии электромагнитного излучения с частотой $4{,}6{\cdot}10^{10}$ Гц (или длиной волны 6,50 мм), которая в эксперименте Смолянской и Виленской оказалась максимально эффективной.

Как видно из рис.13, соответствие теоретической кривой и эксперимента можно считать удовлетворительным, но наблюдается существенное несоответствие значений E_{ν} в теории и ${}^{э}E_{\nu}$ в эксперименте, причем вторая величина ${}^{э}E_{\nu}$ существенно выше первой E_{ν}.

Эта разница в значениях ${}^{э}E_{\nu}$ и E_{ν} обусловлена необратимостью реального процесса, о чем говорилось выше, и на основании этого различия может быть проведена оценка скорости генерации энтропии в процессах синтеза колицина кишечной палочкой.

5. Расчет скорости генерации энтропии

Введение в 1865 г. Р.Клаузиусом понятия энтропии предопределило весьма обособленное существование такой научной дисциплины, как термодинамика, поскольку остальные науки вполне успешно обходились без этого понятия. Такой обособленностью термодинамики объясняются все её сильные и слабые стороны. Наиболее уязвимым местом термодинамики является невозможность прямого измерения энтропии: её можно только вычислить (рассчитать), а сильную сторону термодинамики составляет её исключительная прогнозирующая сила. К этому следует добавить, что и рассчитать-то энтропию не так-то просто. Длительное время физики умели рассчитывать лишь энтропию теплового потока по формуле, предложенной самим Р. Клаузиусом. Затем научились считать энтропию наиболее простых химических соединений.

С вычислением скорости генерации энтропии, введенной уже в нашем веке И.Пригожиным [47], дело обстоит ещё сложнее: её умеют считать лишь для простейших физических процессов (теплопроводности, электропроводности, диффузии и т.д.). Изложенная в первой части статьи те-

ория позволяет вычислять скорость генерации энтропии для любых систем, взаимодействующих с излучением. Особенно просто это сделать для систем, находящихся на пороге эндоэргического процесса. Как видно из формулы (29), величина $\dot{S}_i$ пропорциональна разности значений предельного КПД и его реального значения при любом значении поглощенной энергии.

Если в уравнение (29) подставить значение предельного КПД $h^*_э$, определяемое формулой (28), то получим формулу (3), записанную без скобок

$$\eta_э = 1 - T\dot{S}_a / \dot{W}_a - T\dot{S}_i / \dot{W}_a. \qquad (38)$$

В условиях равенства нулю реального КПД η получаем

$$T\dot{S}_i^0 / \dot{W}_a^0 = 1 - T\dot{S}_a^0 / \dot{W}_a^0 \qquad (39)$$

или

$$\dot{S}_i^0 = \dot{W}_a^0 / T - \dot{S}_a^0. \qquad (40)$$

Верхний индекс "нуль" фиксирует правомочность соотношения лишь в точке нулевого КПД реального процесса. Формула (40) открывает легкий путь расчета скорости генерации энтропии, если известны характеристики поглощенного излучения: ширина частотного интервала, средняя частота поглощения, величина поглощенной энергии. В табл. 2 для нескольких эндоэргических процессов разных частотных диапазонов приведены величины скорости генерации энтропии $\dot{S}_i/\Delta\nu$ [29-37].

Как видно из таблицы, эти величины сами по себе не очень наглядны и удобны для сопоставления и сравнения нескольких процессов, различающихся не по одному, а по нескольким параметрам.

Для удобства сопоставления разных процессов полезно ввести величину $\dot{S}_i/\dot{S}_a$ или $(\dot{S}_i/\Delta\nu)/(\dot{S}_a/\Delta\nu)$. Назовем ее коэффициентом диссипации. Эта величина показывает, во сколько раз скорость генерации энтропии в системе из-за необратимости процесса превосходит скорость возрастания энтропии системы вследствие её привнесения в систему потоком поглощенного излучения, вызвавшего этот процесс. Это отношение рассчитываем по формуле

$$\dot{S}_i^0 / \dot{S}_a^0 = (\dot{S}_i^0 / \Delta\nu) / (\dot{S}_a^0 / \Delta\nu) = \dot{W}_a^0 / T\dot{S}_a^0 - 1. \qquad (41)$$

Верхний индекс "нуль" опять подчеркивает, что расчет сделан для точки нулевого КПД реального процесса.

Последний столбец таблицы показывает, сколь удобна эта величина для сравнения разных процессов и как она велика для процессов, протекающих в области Рэлея-Джинса, по сравнению с процессами, происходящими в области Вина. Для процесса зрения человека эта величина может быть даже меньше единицы, а для биоэффектов ММ-излучения - порядка десятка тысяч или выше. Это количественное различие имеет важные качественные результаты, на которых мы остановимся в следующем разделе, а сейчас отметим, что расчет (оценка) скорости генерации энтропии возможен не только в точке нулевого КПД, но в любой точке. Однако в любой другой точке (не в точке порога эндоэргического процесса) оценка скорости генерации энтропии предполагает умение измерять именно КПД процесса, а не какие-то характеристики некоего теста. Соотношение

$$\dot{S}_i / \dot{S}_a = (\eta_э^* - \eta_э) / (1 - \eta_э^*) \qquad (42)$$

показывает связь коэффициента диссипации со значением реального КПД $h_э$ некоторого эндоэргического процесса и термодинамическим пределом КПД $h^*_э$ этого процесса при одних и тех же условиях возбуждения. По этой формуле легко оценить коэффициент диссипации для солнечных элементов. А поскольку для них довольно часто авторы дают не КПД $h_э$ (отношение полезной работы к поглощенной энергии), а эффективность Э (отношение полезной работы к упавшей на солнечный элемент энергии Солнца), то для полноты картины можно привести формулу расчета коэффициента диссипации через эффективность солнечных элементов [38] и термодинамически предельную эффективность процесса Э*:

$$\dot{S}_i / \dot{S}_a = (Э^* - Э) / (Д - Э^*), \qquad (43)$$

где Д - коэффициент пропорциональности между эффективностью Э и КПД $h_э$

$$Э = Д\eta_э. \qquad (44)$$

6. Кризис парадигмы точного микробиологического измерения в области Рэлея-Джинса

Под парадигмой точного измерения понимается утверждение, что среднее значение

результатов будет наиболее точным при возможно большем числе измерений. Это утверждение имеет казалось бы всеобщий характер, ибо оно верно практически для всех измерений, с которыми приходится сталкиваться.

В микробиологическом эксперименте ситуация несколько видоизменяется, так как экспериментируют не с отдельным фагом, микробом или иной культурой, требующей для своего обнаружения микроскопа. Эксперимент обычно ставится на ансамбле каких-то мелких организмов, и тот конечный результат, который наблюдается на ансамбле, представляет собой величину усредненную по ансамблю. В этой ситуации парадигма точного измерения сводится к утверждению, что чем больше микроорганизмов в ансамбле, тем точнее результат. В этих условиях среднюю величину выдает сам ансамбль.

Парадигма точного измерения настолько привычна для экспериментаторов, что не нуждается в каких-то дополнительных подтверждениях, а является прочной опорой всех экспериментов (без исключения!). Обратим внимание на некоторые особенности этих экспериментов в области Вина, крайне редко обсуждаемые. И сделаем это на примере зрения человека, процесса, достаточно хорошо изученного.

Из формулы (33) ясно, что физиологический эффект, имеющий своей основой изменение свободной энергии под воздействием поглощенного света, изначально определяется лишь двумя параметрами: величиной поглощения и КПД преобразования поглощенной энергии в свободную энергию. Если принять во внимание рис.9 и 10, демонстрирующие изменение КПД реального преобразования от величины поглощенной мощности, то сразу ясно, что эти два параметра (увы!) не равноценны с точки зрения постановки эксперимента.

Исключим из рассмотрения диапазон резкого спада КПД в области нелинейных процессов (штрихпунктирная линия). Исключение весьма обосновано, ибо это та область функционирования глаза, где он работает с сопутствующими болевыми ощущениями, и человек принимает меры для предохранения глаза и избавления от болевых ощущений (прищуривает глаза, прибегает к помощи солнцезащитных очков). В той области, где глаз функционирует без болевых ощущений, скорость генерации энтропии растет линейно с ростом поглощенной энергии, а КПД возрастает по логарифмическому закону, или попросту говоря, очень медленно. Это означает, что основная зависимость, которую изучает экспериментатор, - зависимость величины эффекта от поглощенной энергии. Такие измерения, выполненные на очень большом количестве добровольцев, позволили получить стандартизованные характеристики глаза, приводимые во многих справочниках [39]. Это прежде всего усредненная кривая спектральной чувствительности глаза. Она представляет собой физиологическую оценку воздействия светового сигнала той или иной длины волны на глаз человека и обычно называется относительной видимостью или видностью. Этой функцией оценивают световое действие на глаз, производимое каждой длиной волны. Эта кривая, определенная из многих эксперим етальных исследований для так называемого дневного зрения, была принята за стандарт в 1927 г. Международным комитетом по освещению и в 1939 г. Международным комитетом мер и весов. В 1951 г. Международный комитет по освещению принял аналогичный стандарт для так называемого сумеречного зрения, когда максимум кривой видности смещён в сторону коротких длин волн на 50 нм [20].

Каждый реальный глаз отдельного человека может отличаться (и отличается!) от стандартизованного. Это отличие небольшое, но вполне фиксируемое в условиях большой точности эксперимента, и определяется различием КПД сетчатки глаза разных людей. Каждый глаз имеет свою сетчатку со своей, именно ему присущей характеристикой скорости генерации энтропии, т.е. со своей пунктирной кривой зависимости КПД от поглощенной энергии $\dot{W}_a$ (или E_ν) на рис.9. Если обследуется несколько сетчаток, то получится серия параллельных прямых. Если для строго фиксированного значения поглощенной энергии $\dot{W}_a$ построить зависимость КПД от числа глаз, имеющих выбранное значение КПД, то получим типичную Гауссову кривую, изображенную в правой части рис.14.

Таким образом в группе людей с так называемым нормальным зрением, влияние

КПД ощущается как факт некоторого отклонения каждого реального глаза от среднего значения. Иными словами, в области Вина влияние КПД на эффект представляется эффектом второго порядка по сравнению с влиянием поглощенной энергии (эффект первого порядка). Парадигма точного измерения в этом случае работает безукоризнено, и увеличение числа испытуемых нормальных глаз в эксперименте приводит к более точному знанию средней величины.

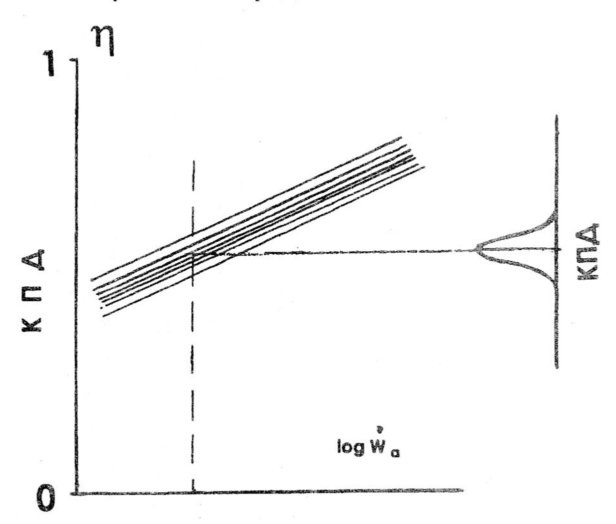


Рис.14. Характер изменения КПД объектов одной выборки в видимой области. Справа - гауссово распределение реальных КПД в выборке

Если такую идеологию постановки эксперимента перенести в область Рэлея-Джинса (а она и была перенесена, ибо никакой иной идеологии просто не существовало), то мы обрекаем эксперимент на один гарантированный конечный результат - нулевой. Показать справедливость этого утверждения не составляет труда.

Для области Рэлея-Джинса характерна резкая зависимость КПД от мощности, сопровождающаяся сменой знака эффекта, ибо положение порога эндоэргического процесса - это лишь фиксация точки, где происходит изменение знака эффекта (экзоэргический эффект становится эндоэргическим или наоборот). Если идёт обследование не единичного объекта, а ансамбля (пусть даже состоящего всего из трех объектов), то средняя величина результирующего эффекта плохо предсказуема, ибо она определяется неконтролируемой и ничем не измеряемой величиной скорости генерации энтропии трёх независимых объектов. Рис.15 демонстрирует пример того, что может реализоваться на ансамбле из трёх объектов. Один из объектов при определённом фиксированном E_v показывает отчетливо выраженный эндоэргический эффект, другой - экзоэргический эффект с КПД близким к единице, а третий - с КПД близким к нулю. Операция усреднения на такой системе не только не помогает уточнить результат, она приводит к тому, что эксперимент теряет всякий смысл [40-42].

Она может приобрести некий смысл только после того, как для биоэффектов в области Рэлея-Джинса экспериментаторы научатся разделять область эндоэргических и область экзоэргических эффектов. Но пока этого нет, операция усреднения оказывает медвежью услугу экспериментатору, не позволяя увидеть эффект. Чем лучше экспериментатор, тем строже он следует парадигме точного измерения и тем надёжнее она приводит его к нулевому результирующему эффекту, к утверждению об отсутствии эффекта воздействия электромагнитного излучения на биологический объект при малых уровнях поглощенной энергии. Именно поэтому ряд прекрасных американских экспериментаторов никогда не видели нетепловых биоэффектов. Именно поэтому некоторые из них в пробных (пилотных) экспериментах видели эффект, а при усовершенствовании установки (т.е. в условиях её лучшего соответствия парадигме точного измерения) эффект пропадал. Все это говорит о том, что экспериментаторы, изучающие нетепловые биоэффекты в области Рэлея-Джинса, поставлены в новые условия по сравнению с теми, кто изучает биоэффекты в области Вина. Эти новые условия требуют для успешного обнаружения эффекта отказа от старой парадигмы точного измерения [42].

Неумение разделить эндоэргические и экзоэргические процессы в микробиологическом эксперименте предопределило отсутствие заметного прогресса в этой области по сравнению с 1973 г. и чрезвычайную трудность воспроизводства в других странах результатов, полученных советскими учеными.

Обнаружение эффекта облегчается, когда ученый имеет дело с одним единственным объектом. Это условие наилучшим образом

реализуется в медицине, ибо перед врачом всегда один больной. Врач работает не с ансамблем, а с отдельным пациентом, поэтому прогресс в медицине и не замедлил проявиться в виде возможности лечения целого ряда болезней. Первоначально врач определял нужную ему область эндоэргических процессов по ощущениям пациента [2]: "тепло" или "холод", "сдавливание", "покалывание", локальная или диффузная боль и т.д., а затем была установлена связь с различными биохимическими факторами, которые дают возможность проводить объективную оценку происходящих в организме изменений [43].

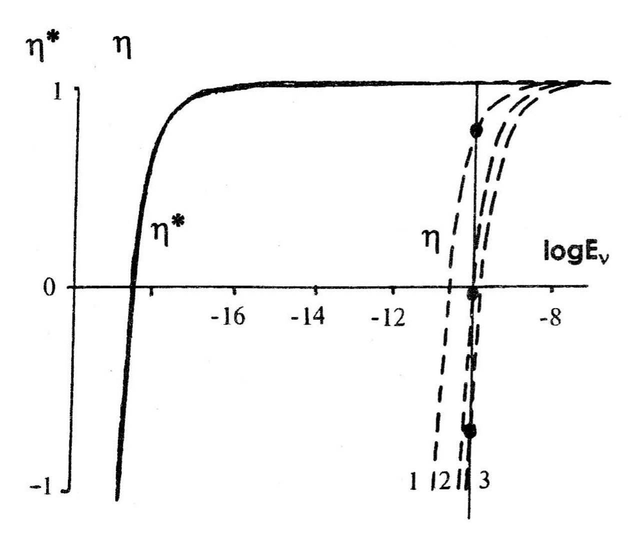


Рис.15. Картина распределения КПД в выборке из трех объектов в радиочастотной области при линейном росте скорости генерации энтропии

Итак, первая сложность постановки биоэкспериментов в области Рэлея-Джинса (трудность разделения противоположных процессов) может быть преодолена.

Вторая трудность возникает не всегда, но довольно часто, она связана с малым динамическим диапазоном существования эндоэргических эффектов в области Рэлея-Джинса. В области Вина для эффектов зрения человека динамический диапазон составляет около 16 порядков изменения величины поглощенной мощности. Из них в пределах 10 порядков глаз работает в линейной области. В соответствии с общепринятыми в термодинамике представлениями из этого следует сделать вывод, что такое отклонение от состояния равновесия (изменение поглощенного излучения на 10 порядков после возникновения эндоэргического эффекта) с термодинамической точки зрения считаться большим не может. В области Рэлея-Джинса динамический диапазон в пять порядков встречается, судя по литературным данным, крайне редко. В эксперименте Вэбба [33] эндоэргические процессы наблюдались в диапазоне изменения мощности от нескольких мкВт/см^2 до 700 мкВт/см^2. В эксперименте Эйди [44] эндоэргические процессы занимают диапазон от 0,05 до 5 мВт/см^2. Столь узкий диапазон наблюдения эффекта позволил Эйди ввести понятие окон по мощности.

На основании рис.15 можно было бы надеяться на улучшение ситуации при большом поглощении энергии. Но действительность не оставляет места для такой надежды, ибо в реальных условиях радиочастотного эксперимента диапазон линейного роста $\dot{S}_i$ очень мал и сверхлинейное возрастантие скороти генерации энтропии приводит к спаду КПД и полному исчезновению процесса. Рис.16 демонстрирует это для ансамбля из четырех объектов, где сверхлинейный рост $\dot{S}_i$ увеличивается с увеличением номера кривой. Таким образом, единственная надёжная гарантия обнаружения нетепловых радиочастотных эффектов - это отказ от постановки эксперимента на ансамблях. В том случае, когда по каким-то причинам нельзя перейти на эксперимент на отдельном биообъекте, надо стремиться к постановке экспериментов на возможно более малой выборке. Это условие прямо противоположно тем требованиям, которые формулируются во всех учебниках по микробиологии.

Заключение

Накануне открытия биорезонансных эффектов СВЧ-излучения советскими учеными два крупнейших смериканских исследователя неионизирующего электромагнитного излучения Джонсон и Гай [45] опубликовали заказную статью, которую можно рассматривать как подведение этапной черты под исследованием тепловых биоэффектов радиочастотного излучения. В статье демонстрируется глубокое понимание сути рас-

сматриваемых процессов и не затушевываются, а, может быть, даже наоборот подчеркиваются противоречия существовавшей в то время ситуации.

Мне вспомнилась эта статья по той простой причине, что в ней отчетливо сформулирован тезис совершенно разного теоретического и экспериментального подхода, который требуется при исследовании эффектов радиочастотного излучения, с одной стороны, и эффектов ИК-, видимого и ультрафиолетового излучений, с другой стороны.

То отличие, на которое указали они, было связано с соотношением длины волны излучения и размеров клетки живого организма, что предопределяет различное поведение живых систем в процессах рассеяния и отражения излучения, а также процессах молекулярного поглощения.

Данную работу можно рассматривать как некое продолжение начатого ими рассмотрения, но на строгой теоретической (термодинамической) основе, которое позволяет увидеть заметно более глубокое различие длинноволнового и коротковолнового излучений в процессах их взаимодействия с живыми объектами. Данное рассмотрение вскрывает различие энергетики протекания самого процесса преобразования поглощенной энергии. И это различие оказывается ещё более глубоким, чем то, о котором писали Джонсон и Гай. Недостаточная осведомленность об этих различиях привела к тому, что в область радиочастотных биоэффектов была автоматически перенесена парадигма точного измерения, до того с успехом использованная в видимой и ультрафиолетовой областях спектра.

Именно этот автоматический и необоснованный перенос стал тормозом в изучении биофизики радиочастотных биоэффектов и привел к молчаливому, но твердому противостоянию американских исследователей, отрицающих существование биорезонансных эффектов СВЧ-излучения.

Хотелось бы надеяться, что изложенное в данной публикации рассмотрение послужит основанием для отказа от использования вышеназванной парадигмы измерения, что позволило бы добиться хорошей повторяемости результатов биорезонансных эффектов.

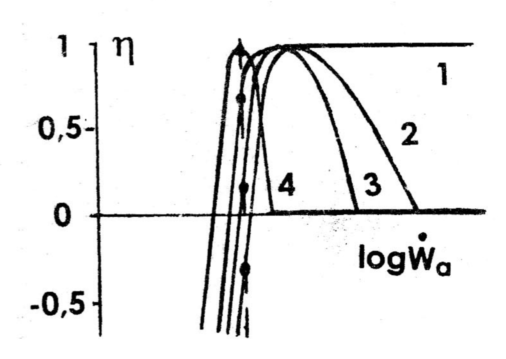


Рис.16. Картина распределения КПД в выборке из четырех объектов с учетом сверхлинейного роста скорости генерации энтропии, которая возрастает с ростом номера кривой

Хорошая повторяемость биорезонансных эффектов обеспечит ясность во многих других вопросах, которые сейчас пребывают на границе научного и ненаучного знания, находясь в плачевном, с точки зрения ученого, состоянии.

Литература

19. Чукова Ю.П. // Миллиметровые волны в биологии и медицине.- 1996.- № 7.- С.5-14.
20. Чукова Ю.П. Загадки зрения (Успехи теоретической биофизики в области эффекта Пуркине).- М.: Знание.- 1990.
21. Чукова Ю.П. // Успехи физиологических наук.- 1990.- Т.21.- №4.- С.123-137.
22. Чукова Ю.П. К земле обетованной (Вопросы эволюции и оптимальности).- М.: Знание.- 1992.
23. Чукова Ю.П. Неожиданное родство (Термодинамическое рассмотрение некоторых фотопроцессов).- М.: Знание.- 1991.
24. Джеггард Д.Л., Лордс Д.Л. // ТИИЭР.- 1980.- Т.68.- №1.- С.133.
25. Мотцкин С.М., Ширлей М. // Межд. симп. "Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине".- М.: ИРЭ АН СССР.- 1991.- Ч.2.- С.367.
26. Акоев И.Г. // Проблемы экспериментальной и практической электромагнитобиологии.- Пущино.- 1983.- С.3-34.

27. 10 Российский симпозиум "Миллиметровые волны в медицине и биологии".- М.: ИРЭ РАН.- 1995.
28. Севастьянова Л.А., Виленская Р.Л. // УФН.- 1973.- Т.110.- Вып.3.- С.456 -458.
29. Чукова Ю.П. // Медико-биологические аспекты миллиметрового излучения.- М.: ИРЭ АН СССР.- 1987.- С.202 -206.
30. Чукова Ю.П. // Отчет по теме "Термодинамическое обоснование порогового характера биорезонансных эффектов СВЧ излучения".- ВНК "Отклик".- 1987.
31. Чукова Ю.П. // ДАН СССР.- 1988.- №2.- С.504 -507.
32. Чукова Ю.П. // Биофизика.- 1989.- Т.34.- №5.- С.898 -900.
33. Webb S.J. // Phys. Lett.- 1979.- V.73A.- №2.- P.145 - 148.
34. Grundler W., Keilman F., Frolich H. // Phys. Lett.- 1977.- V.62.- №6.- P.463-466.
35. Андреев Е.А., Белый М.У., Ситько С.П. // Вестник АН СССР.- 1985.- №1.- С.24-32.
36. Севастьянова Л.А. и др. //Эффекты нетеплового воздействия ММ-излучения на биологические объекты.- М.: ИРЭ АН СССР.- 1983.- С.34-47.
37. Диденко Н.П., Зеленцов В.И., Ча В.А. // Эффекты нетеплового воздействия ММ-излучения на биологические объекты.- М.: ИРЭ АН СССР.- 1983.- С.63 -77.
38. Ржанов А.В., Чукова Ю.П. // ДАН СССР.- 1984.- Т.276.- №6.- С.1385 -1388.
39. Кей Дж., Лэби Т. // Таблицы физических и химических постоянных.- М.-1962.- С.80-83.
40. Чукова Ю.П. // Межд. симп. "Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине.- 1991.- Ч.3.- С.603 -607.
41. Чукова Ю.П. // 10 Российский симп. "Миллиметровые волны в медицине и биологии".- М.: ИРЭ АН СССР.- 1995.- С.149 - 152.
42. Chukova Yu.P. // 10th Intern. Congress of logic, methodology and philosophy of science.- Italy.- 1995.- P.509.
43. Пославский М.В., Корочкин Н.М., Зданович О.Ф. Опыт применения электромагнитных излучений миллиметрового диапазона для лечения и профилактики язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки // Вопросы физиотерапии, курортологии и лечебной физкультуры.- 1990.- №5.- С.31-36.
44. Эйди У.Р. Частотные и энергетические окна при воздействии слабых электромагнитных полей на живую ткань.- ТИИЭР.- 1980.- Т.68.- №1.- С.140-147.
45. Джонсон С.С., Гай А.В. Воздействие неионизирующего электромагнитного излучения на биологические среды и системы // ТИИЭР.- 1972.- Т.60.- №6.- С.49 - 82.
46. Arvizu D.E. // 17th IEEE Photovoltaic Spec. Conf. Kissimmee. Fla. 1-4 May 1984.- N.-Y.- 1984.- P.805-813.
47. Пригожин И. Введение в термодинамику необратимых процессов.- М.:ИИЛ.- 1960.

Список обозначений

$h_э$ - КПД преобразования энергии поглощенного электромагнитного излучения в свободную энергию Гельмгольца

$h^*_э$ - термодинамический предел преобразования энергии поглощенного электромагнитного излучения в свободную энергию Гельмгольца

$\dot{W}_a$ - мощность поглощенного электромагнитного излучения

$\dot{S}_a$ - поток энтропии поглощенного электромагнитного излучения

$\dot{S}_i$ - скорость генерации энтропии системой вследствие необратимости протекающих процессов

T - температура системы

ρ – функция распределения, среднее число фотонов в квантовом состоянии

E_ν - спектральная плотность мощности поглощенного излучения

ΔF - изменение свободной энергии Гельмгольца

Δν – ширина частотного интервала поглощенного излучения

ν – частота поглощенного излучения

Статьи

Isothermal Processes of the Electromagnetic Field Interaction with Bioobjects. Part II. Correlation of the Theory and Experiment

Yu. P. Chukova

In 1973 the soviet investigators, working under the aegis of the academician N.D.Devyatkov, discovered experimentally a very important effect, namely, the frequency-specific bioeffects of millimeter waves. The twenty-years of the study of those effects brought about many difficulties: some scientists could replicate them, but others could not. It is apparent that millimeter wave bioeffects are not understood completely as yet.

The thermodynamic theory of transformation of electromagnetic energy into a free energy of living objects can pinpoint the reason of this situation. It is easy to understand after some consideration the dependence of efficiency of isothermal endergonic and exoergonic processes in visible (W.Wien) and radiofrequency (Rayleigh-Jeans) region together with with the paradigm of precision biological measurments.

It is well known that the precision of biological measurments increases when the number of measurments increases too.

In the visible region the efficiency and absorbed power have a logarithmic relationship, and experimentators only study the endergonic process. In Rayleigh-Jeans region the dependence of the efficiency on the absorbed energy is very strong. This extremely sharp dependence of efficiency on absorbed energy determines the scattering of the experimental results.

As long as the experimentators make the measurments without separation the endergonic and exoergonic processes, they will have the zero result on the great number of living objects. The radiofrequency region is the region where the individual properties of living objects reveal themselves and the experiment on whole animal is the most informative. That is why the medical investigations are more reprodusible.

Статьи

Предисловие редактора

В настоящем выпуске журнала публикуются две статьи, посвященные новой проблеме в области КВЧ-терапии. Речь идет о лечебном влиянии на организм пациента воды, предварительно активированной КВЧ-излучением. История этого вопроса начинается с 1994 г., когда редакция получила от А.Я.Катина небольшую заметку на эту тему. Мы долгое время воздерживались от ее опубликования из-за крайней дискуссионности материала. Однако на ежегодных рабочих совещаниях врачей, занимающихся КВЧ-терапией (1994-1996 гг., г. Звенигород), мы неоднократно слышали от наших коллег (в частности от доктора В.А.Дремучева) информацию, подтверждающую этот необычный феномен. Когда же в редакции появилась статья Н.Д.Девяткова, В.Я.Кислова, В.В.Кислова и др. (см. с.65 настоящего выпуска), мы решили опубликовать ее вместе со старой заметкой А.Я.Катина, хотя по-прежнему считаем, что материал статей носит дискуссионный характер. Но мы надеемся, что читатели журнала с интересом прочтут их.

О.В.Бецкий
17.11.1996

ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ВЛИЯНИЯ ВОДЫ, ЗАРЯЖЕННОЙ МИЛЛИМЕТРОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ, НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

А.Я.Катин

г. Витебск, Республика Беларусь

Введение

Вопросы прямого воздействия ММ-излучения на различные области тела человека хорошо известны [1, 4]. Известно, что эффект воздействия электромагнитных волн может быть:

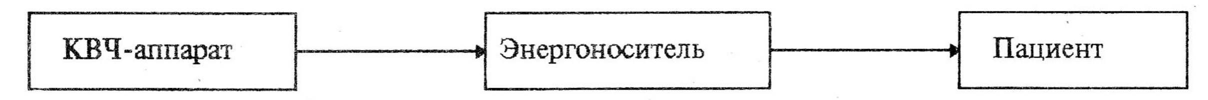
а) энергетическим, т.е. за счет прямого влияния колебаний большой мощности на различные области тела пациента;

б) информационным, т.е. в тех случаях, когда используется слабый сигнал.

Миллиметровые волны относятся к классу информационных сигналов. Представляет интерес влияние ММ-волн на организм человека в новом информационном варианте. Это новое информационное воздействие можно получить при заряжении энергоносителя ММ-сигналом с последующим воздействием заряженного носителя на организм человека.

Таблица 1

Схема нового информационного ММ-воздействия на пациента



Материалы исследования

Существуют четыре вида наиболее значимых энергоносителей. Это вода, сахар, воск, спирт.

Доказано, что ЭМИ миллиметровых волн взаимодействуют с воспринимающими структурами, которыми могут быть вода и другие среды. Учитывая то, что ММ-волны наиболее сильно поглощаются в воде и вод-

ных средах, при выборе вида энергоносителя предпочтение было отдано воде.

Цель данной работы состоит в выявлении времени действия на человека воды, заряженной миллиметровым ЭМИ и однократно выпитой пациентом. Для контроля за ходом воздействия воды, заряженной ММ-излучением, использован метод Р.Фолля (электропунктурная диагностика) [2, 3].

Методика

Для исследования были отобраны 24 больных в возрасте от 18 до 63 лет с различными диагнозами: 11 - нейроциркуляторная дистония, 4 - хронический бронхит, 5 - ИБС и гипертоническая болезнь, 4 - прочие заболевания.

Каждому больному первоначально проводилась электропунктурная диагностика по Р.Фоллю для выявления биологически активных точек (БАТ) с максимальной патологией.

Вторым этапом было проведение текстирующего 5-7-секундного воздействия различными длинами ММ-волн (4,9; 5,6; 3,8 мм) на БАТ с максимальной патологией для выявления наиболее эффективной длины волны конкретному пациенту.

Третий этап методики состоял в заряжении трех емкостей с водой одним видом длины ММ-волны в течение 15 минут путем непосредственного опускания волновода в сосуд с водой с учетом правил энергоинформационного переноса. В результате получены: во-первых, вода (с биологически активной жидкостью - БАЖ), заряженная ММ ЭМИ с длиной волны 4,0 мм; во-вторых, вода, заряженная ММ ЭМИ волной 5,6 мм; в-третьих, вода, заряженная ММ ЭМИ волной 3,8 мм.

После этого каждый из больных однократно, дифференцированно выпивал 50 мл БАЖ, облученной ММ-излучением с индивидуально подобранной (ранее тестированной) длиной волны.

Для определения длительности информационного воздействия проводилось контрольное измерение наблюдаемых точек Р.Фолля через 30 минут, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 8 часов после употребления БАЖ.

Время действия однократного приема БАЖ, заряженной ММ ЭМИ оценивалось по длительности времени нормального состояния ранее патологических точек Р.Фолля.

Результаты

Эффект действия индивидуально подобранной воды, заряженной ММ ЭМИ в течение 15 минут, приведены в табл. 2:

Таблица 2

Кол-во больных, чел.	Эффект действия, час
3	3
5	4
10	5
4	6
2	7

Заключение

1. Исходя из полученных данных, возможно использование нового информационного метода лечения ММ-волнами.
2. Время действия выпитой 50 мл БАЖ, заряженной ММ-волной в 86%, составило 4-6 часов.
3. При терапии целесообразен 2-3-разовый прием в день 50 мл воды, индивидуально и дифференцированно заряженной миллиметровыми волнами.

Литература

1. Бецкий О.В. Применение низкоинтенсивных электромагнитных волн в медицине // Миллиметровые волны в биологии и медицине.- 1992.- №1.- С.5-17.
2. Лупичев Н.Л. Электропунктурная диагностика, гомеопатия и феномен дальнодействия.- М.- 1990.- 124 с.
3. Марченко В.Г. Введение в метод электропунктурной диагностики и терапии доктора медицины Рейнхольда Фолля // Гомеопатия и электропунктура.- 1992.- №1.- С.42-48.
4. Темурьянц Н.А. Влияние микроволн нетепловой интенсивности на развитие гипокинетического стресса у крыс с различными индивидуальными особенностями// Миллиметровые волны в биологии и медицине.- М.: 1992.- №1.- С.22-32.

Статьи

ОБНАРУЖЕНИЕ ЭФФЕКТА НОРМАЛИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ ЧЕЛОВЕКА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ АКТИВИРОВАННОЙ МИЛЛИМЕТРОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ВОДЫ

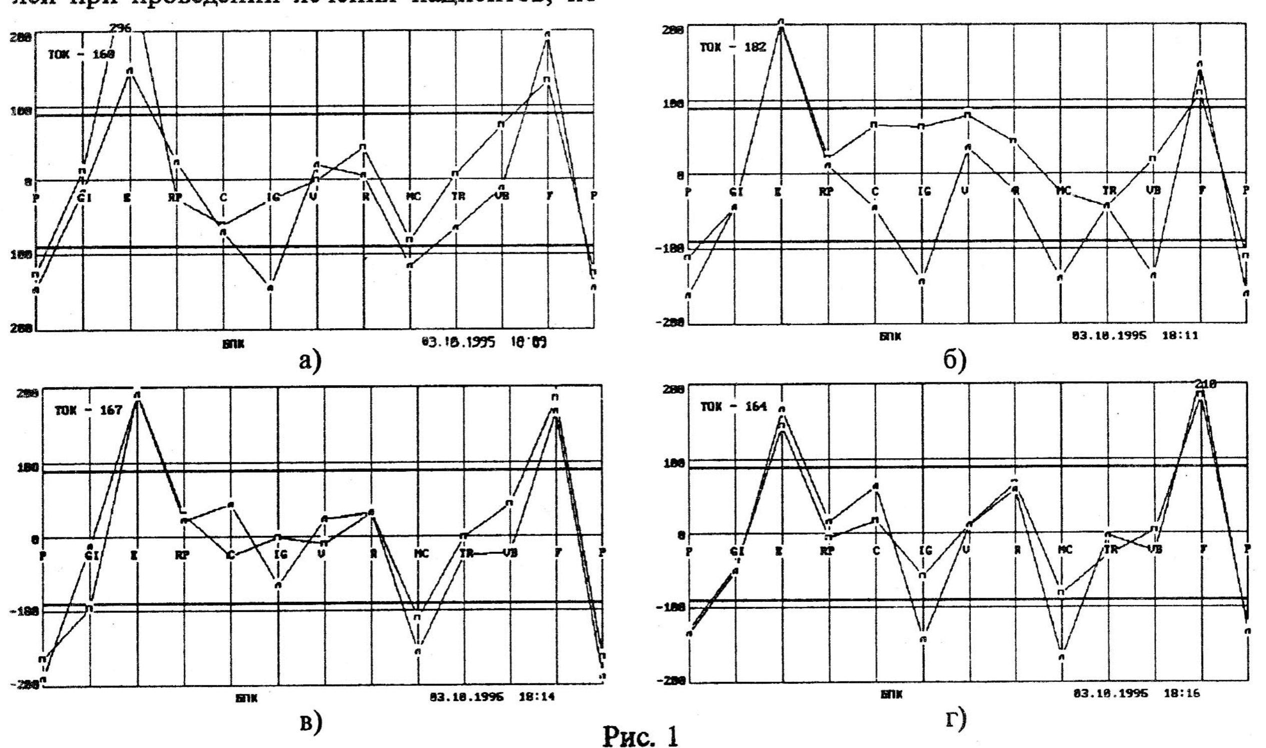
Н.Д.Девятков, В.Я.Кислов, В.В.Кислов, В.В.Колесов, В.Ф.Смирнов, Е.П.Чигин

Институт радиотехники и электроники РАН, г. Москва

В связи с разработкой и клиническим применением компьютеризированного электропунктурного лечебно-диагностического комплекса “Шарм” появилась реальная возможность оперативного мониторинга различного рода воздействий на организм человека. Результат воздействия оценивается по электропунктурным измерениям в репрезентативных точках главных меридианов, отражающих функциональное состояние двенадцати внутренних органов человеческого организма. Физические основы и клинические методики, применяемые в ЛДК “Шарм” описаны в работах [1-3]. Диагностический блок позволяет проведение многократных воспроизводимых измерений функционального состояния главных внутренних органов в терминах отклонения от общепринятой нормы - карты риодораку [4].

Данная экспресс-диагностика может применяться не только для клинических целей при проведении лечения пациентов, но и для исследования влияния на человеческий организм очень широкого круга воздействий, как внешних, так и внутренних. В качестве примера была выбрана активированная ММ-излучением вода. Использовалась обычная кипяченая вода, которая предварительно облучалась ММ-волнами аппаратом “Явь”.

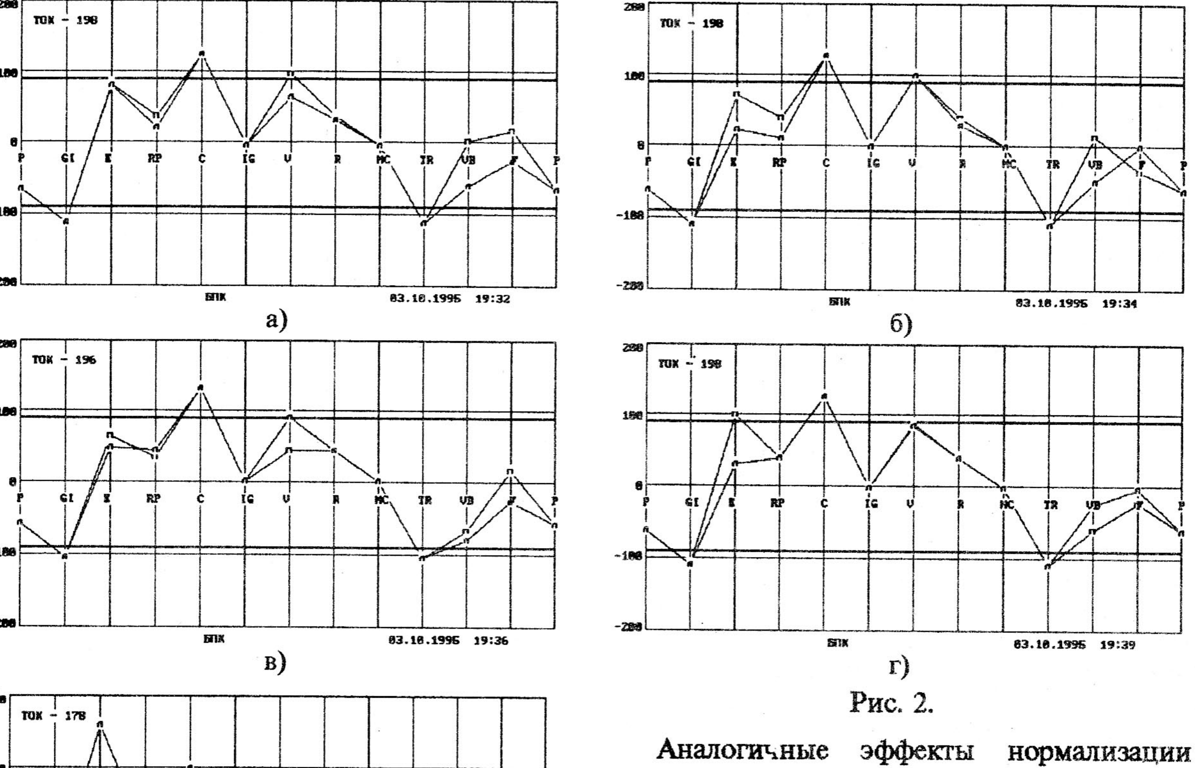
На рис. 1 показаны снятые подряд в течение семи минут диаграммы риодораку (ДР) испытуемого №1. Из графиков видно, что функциональное состояние главных органов достаточно стабильно и в основном довольно хорошо воспроизводится. Так, например, хорошо видны некоторые особенности: возбуждение (превышение нормы) на меридианах печени (F) и желудка (E) и угнетение (меньше нормы) меридианов легких (P), перикарда (MC). Это состояние соответствует функционально-энергетическим связям меридианов F, P и MC.



а) б) в) г)

Рис. 1

На рис. 2 показаны снятые подряд в течение семи минут ДР испытуемого №2 через час после приема трех стаканов воды, активированной ММ-излучением. Из графиков видно, что функциональное состояние главных органов нормализовалось. Хорошо заметна нормализация состояния меридиана печени (F) и функционально энергетически связанных с ним меридианов перикарда (MC) и легких (P). Улучшились функциональные показания и по меридиану желудка (E). Присутствовал эффект некоторого последействия, так на рис. 3 показана ДР на следующий день. Видно нормализующее влияние предыдущего воздействия.



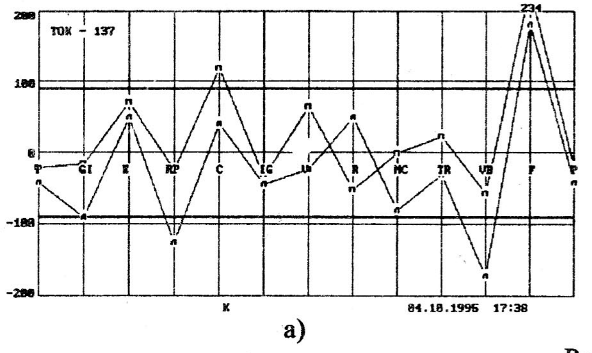
а) б)

в) г)

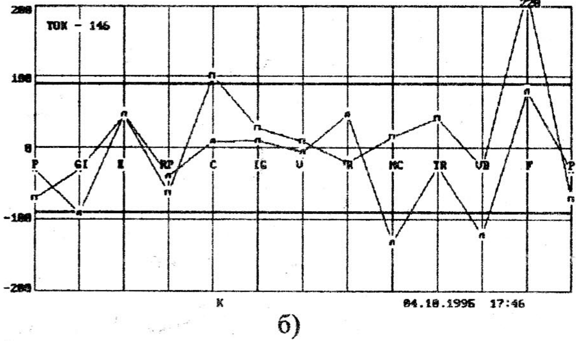
Рис. 2.

Аналогичные эффекты нормализации ДР после приема активированной воды и особенно по меридиану печени, имели место и у других испытуемых Это можно проиллюстрировать сопоставлением графиков, представленных на рис. 4 и 5 соответственно до и после воздействия для испытуемого №2 и на рис. 6 и 7 для испытуемого №3.

Рис. 3.

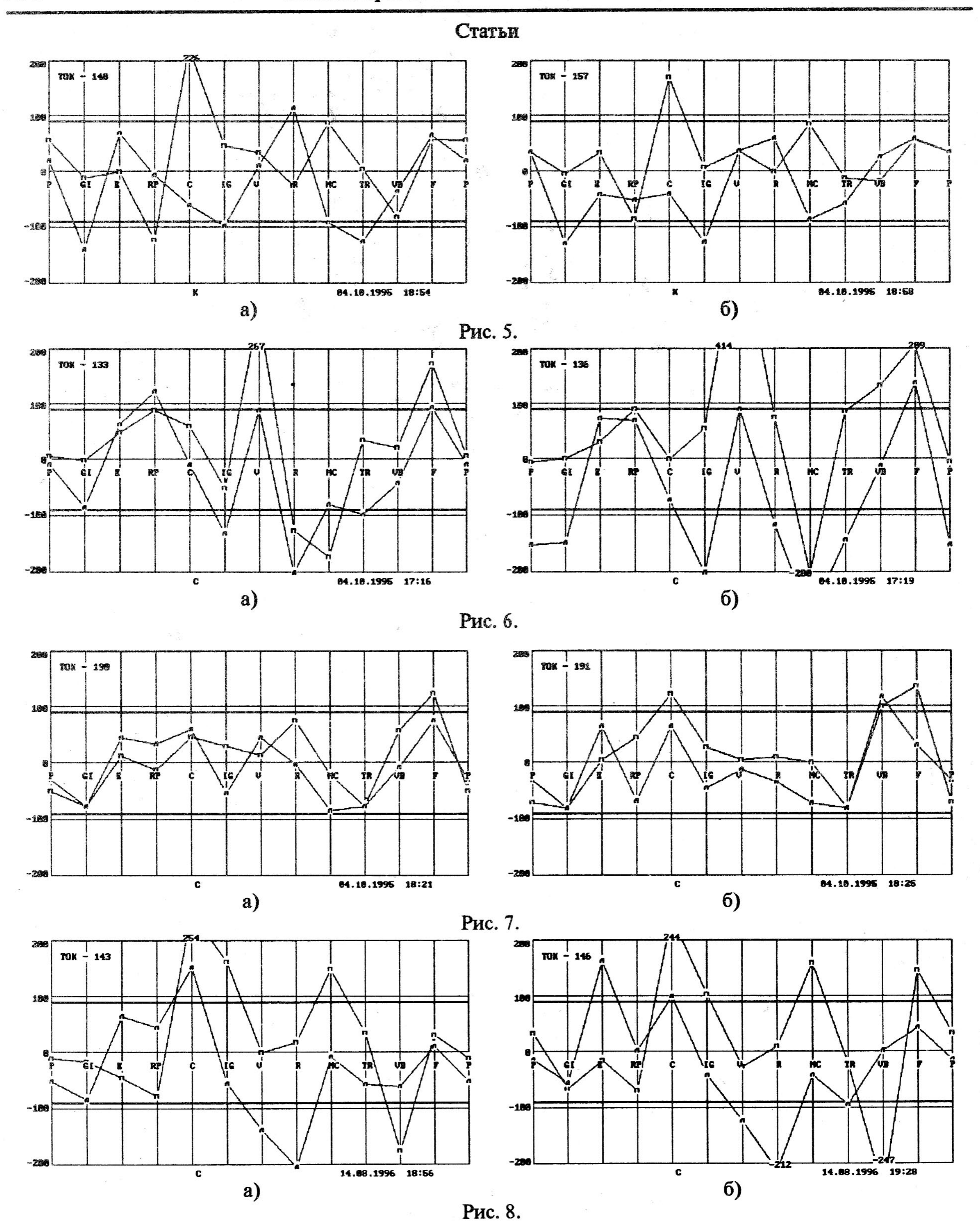


а)



б)

Рис. 4.



а) б)

Рис. 5.

а) б)

Рис. 6.

а) б)

Рис. 7.

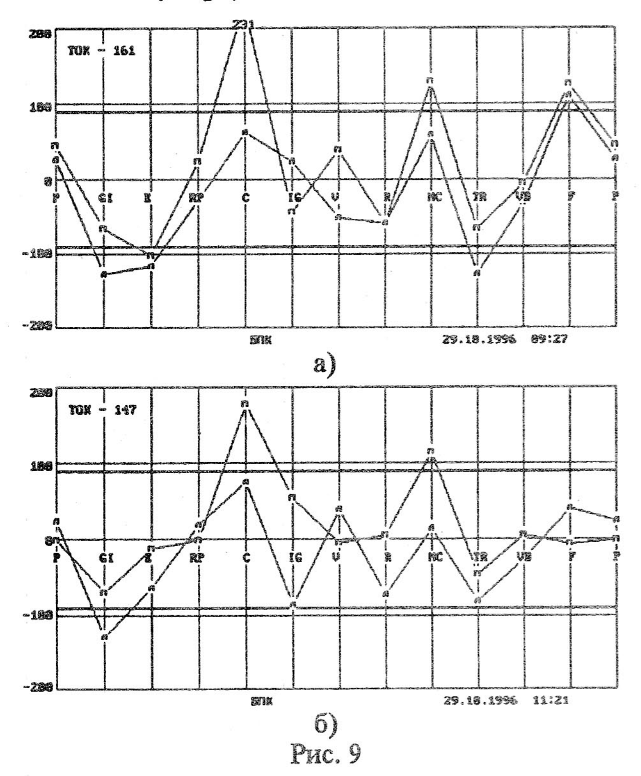
а) б)

Рис. 8.

Необходимо отметить, что при приеме внутрь обычной воды каких-либо значительных отклонений от стабильного функционального состояния замечено не было. Это можно проиллюстрировать рис.8, на котором изображены ДР до и после приема соответствующего количества обычной воды.

Многочисленные измерения позволяют сделать предварительный вывод о нормали-

зующем действии активированной ММ-излучением воды в отношении органов пищеварения и мочевыводящих органов (печень, желчный пузырь, желудок, почки, мочевой пузырь).



а)

б)

Рис. 9

Чтобы подтвердить терапевтическую значимость полученных результатов были проведены дополнительные исследования соответствующих препаратов. В традиционной медицине, особенно на Востоке, широко применяется настой травы "пол-пола" (эрва шерстистая) для лечения заболеваний печени, желчного пузыря, мочевыводящих путей и почек. Результаты нормализующего воздействия настоя "пол-полы" также зафиксировались с помощью экспресс-диагностики ЛДК "Шарм". На рис. 9 показаны результаты функциональной диагностики соответственно до и после приема настоя "пол-полы". Как и следовало ожидать, данный препарат оказывал нормализующее воздействие на органы пищеварения и мочевыводящие органы.

Таким образом из приведенного материала видно, что воздействие на организм человека активированной ММ-излучением воды аналогично воздействию хорошо проверенного лекарственного средства традиционной медицины - настоя "пол-полы" и обеспечивает нормализующее влияние на желудочно-кишечный тракт.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант №94-02-04593).

Литература

1. Девятков Н.Д., Кислов В.Я. Компьютеризированная электрофизическая диагностика и КВЧ-коррекция функционального состояния внутренних органов человека // РЭ.- 1994.- Вып. 12.- С.2059-2064.
2. Девятков Н.Д., Гуляев Ю.В., Белый Ю.Н., Кислов В.Я., Кислов В.В., Теодорович С.Л., Васин И.Ю., Полянская Л.Н., Колесов В.В., Смирнов В.Ф., Чигин Е.П. Электрофизические основы и клинические применения диагностики и КВЧ-коррекции функциональных состояний человека // Радиотехника и электроника.- 1995.- Вып. 12.- С. 1887-1899.
3. Девятков Н.Д., Гуляев Ю.В., Белый Ю.Н., Кислов В.Я., Кислов В.В. Радиофизические основы и новая технология рефлексотерапии с использованием миллиметровых волн и компьютерной диагностики // Радиотехника.- 1996.- № 9.- С. 12-19.
4. Табеева Д.М. Руководство по иглотерапии.- М.: Медицина.- 1980.

Краткие сообщения

ОПЫТ ЛЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НЕТЕПЛОВОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ ОРТОПЕДИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

С.Д.Шевченко, В.И.Маколинец, Г.Х.Грунтовский, В.К.Киселев, Т.Н.Гращенкова

Харьковский НИИ ортопедии и травматологии им.проф.М.И.Ситенко
Институт радиофизики и электроники АН УССР, г.Харьков

КВЧ-терапия ортопедических заболеваний (остеохондроз позвоночника, артрозы различной степени локализации, детский церебральный паралич, болезнь Пертеса, врожденный вывих бедра и др.) проводилась в диапазоне частот 55-65 ГГц электромагнитным излучением нетепловой интенсивности (0,1-1,0 мВт/см^2) путем воздействия на биологически активные точки по 15-60 мин ежедневно в течение 10-12 дней с последующим повторением курса с интервалом 1-2 месяца от 2 до 5 раз в зависимости от клинических показаний. В качестве источника микроволнового излучения использовался промышленный генератор Г4-142, дополненный СВЧ-блоком, обеспечивающим возможность более точного контроля постоянства уровня мощности и частоты генератора. Полученные результаты подтвердили эффективность метода КВЧ-терапии в комплексном лечении больных с ортопедическими заболеваниями различной природы.

Введение

Электромагнитное излучение миллиметрового диапазона нетеплового действия имитирует сигналы управления, генерируемые живыми организмами. Наличие такого "информационного" воздействия у данного излучения, как показал опыт работ ученых под руководством академика Н.Д. Девяткова [1-3] и Временного научного коллектива "Отклик", можно использовать в медицинской практике с целью коррекции различных патологических процессов и, в частности, при лечении некоторых ортопедических заболеваний [4, 5].

Результаты и обсуждение

В качестве источника волн миллиметрового диапазона нетеплового действия мы в своей работе использовали промышленный генератор Г4-142. Проводя микроволновую резонансную терапию больным, нами отмечено, что результаты лечения во многом также зависят от стабильности частоты излучения. Чем выше стабильность частоты излучения в необходимом диапазоне, тем легче получить "сенсорные пороговые ощущения" у пациентов и улучшить медицинский эффект.

Для обеспечения возможности более точного контроля постоянства уровня мощности и частоты излучения генератора, а также возможности регулировки мощности излучения в широких пределах нами дополнительно использовался СВЧ-блок, включающий основной и контрольный каналы, калибровочный СВЧ-аттенюатор, резонансный волномер и СВЧ-детектор с показывающим прибором, проградуированным в единицах излучаемой мощности.

КВЧ-терапия проведена 106 больным, из них с остеохондрозом позвоночника - 15 человек, с артрозами различной локализации - 14, с детским церебральным параличом - 12, с болезнью Пертеса - 26, с врожденным вывихом бедра - 14, а остальным пациентам микроволновая резонансная терапия проводилась по поводу других заболеваний.

Больным с шейным остеохондрозом и плечелопаточным периартрозом проводилась, по показаниям, мануальная терапия и осуществлялось воздействие электромагнитным излучением нетепловой интенсивности в диапазоне частот 55-65 ГГц на биологически активную точку Т14 (Да-чжуй) - коллектор янских меридианов. Все пациенты - взрослые люди (от 45 до 60 лет). Длительность заболевания от нескольких месяцев до 3 лет. Сеансы проводились ежедневно, процедура длилась 30 минут. Курс лечения состоял из 10 процедур. Для получения хорошего, стойкого результата только двум пациентам понадобилось проведение двух курсов микроволновой резонансной терапии, остальным же 13 пациентам достаточно было

одного курса. Хороший лечебный результат оценивали по следующим критериям: стойкое купирование болевого синдрома, полный объем движений в шейном отделе позвоночника и в плечевом суставе на стороне плечелопаточного периартроза.

Аналогичный режим использовался и при лечении артрозов различной степени локализации при воздействии на ЛО-пункты измененных меридианов. Положительный эффект проявился у всех больных после одного куса КВЧ-терапии.

КВЧ-терапию получили у нас и 38 детей, из них 12 с детским церебральным параличом и 26 с болезнью Пертеса. В зависимости от клинических показаний курсы КВЧ-терапии повторялись от 2 до 5 раз с интервалом 1-2 месяца. У всех детей после курса КВЧ-терапии наблюдалось улучшение по поводу основного заболевания, никаких осложнений не было.

С целью нахождения оптимальных биологически активных точек кожи, необходимых для воздействия, применялись следующие системы: "АСИДА" - автоматизированная система электропунктурной рефлексодиагностики и рефлексотерапии, и "АРДК" - автоматизированный рефлексодиагностический комплекс [5]. В основу работы этих комплексов заложена методика Накатани, позволяющая оценить психофункциональное состояние человека.

Для диагностики и объективизации эффективности проводимого лечения применялась также автоматизированная методика индекса кожной асимметрии и метод Р.Фолля.

Длину волны излучения при КВЧ-терапии подбирали индивидуально для каждого пациента до получения "резонансных пороговых ощущений". Процедуры проводили ежедневно. Общая экспозиция воздействия у детей составляла 15-30 мин, у взрослых - 30 мин. Курс КВЧ-терапии состоял из 10-12 процедур. В один сеанс, как правило, воздействовали на одну биологически активную точку кожи, рекомендованную автоматизированной системой или выбранную нами на основе данных, полученных при рефлексодиагностическом обследовании. Кроме этого, при лечении детей церебральным параличом, мы не реже двух раз в неделю использовали точку T14 (Да-чжуй), а у пациентов с болезнью Пертеса - точку VB30 (Хуань-тяо), являющуюся специфической точкой тазобедренного сустава. При болевом синдроме, сопровождающем остеохондроз пояснично-крестцового отдела позвоночника, воздействовали на точку V58 (Фэй-ян) - точку ЛО - пункт меридиана мочевого пузыря.

Все больные хорошо перенесли лечение. У детей с ДЦП наблюдалось уменьшение спастического симптома. У пациентов с болезнью Пертеса рентгенологически и клинически на 2-4 месяца быстрее наблюдалась стабилизация процесса и излечение. У больных остеохондрозом пояснично-крестцового отдела позвоночника уменьшался или исчезал болевой синдром.

Полученные результаты подтвердили эффективность метода КВЧ-резонансной терапии при комплексном лечении больных с вышеуказанной патологией.

Литература

1. Девятков Н.Д. и др. Влияние электромагнитного излучения миллиметрового диапазона длин волн на биологические объекты / Научная сессия отделения общей физики и астрономии АН УССР // УФН.- Т.110.- №3.- 1973.- С.458-469.
2. Девятков Н.Д. и др. Воздействие электромагнитных колебаний миллиметрового диапазона длин волн на биологические системы // Радиобиология.- Т.21.- Вып.2.- 1981.- С.163-167.
3. Девятков Н.Д. и др. Резонансное взаимодействие СВЧ излучения миллиметрового диапазона малой интенсивности с гемоглобином // Радиология.- Т.23.- Вып 1.- 1983.- С.80.
4. Талько И.И., Шумада И.В., Пальчиковский В.А. Микроволновая резонансная терапия асептического некроза головки бедренной кости у детей и подростков // Всесоюзн. симпозиум с международным участием.- Киев.- 1989.- С.374.
5. Талько И.И., Колпаков В.С., Соловьева А.А., Ткач Т.А. Опыт применения резонансной терапии в лечении детского церебрального паралича // Всесоюзн. симпозиум с международным участием.- Киев.- 1989.- С.375.

Краткие сообщения

6. Иванов В.Г., Иванов С.В., Маколинец В.И., Чечкалов А.В. Разработка научных методов и средств диагностики и нормализации состояния операторов и лиц, принимающих ответственные решения // Всесоюзн. конф. "Человеко-машинные системы и комплексы принятия решений": Тезисы докладов.- Таганрог.- 1989.- С.24.

Experience of Treatment with Low Intensity mm-Wave e.m. Radiation of Some of Orthopedic Diseases

S.D.Shevchenko, V.I.Makolinets, G.Kh.Gruntovsky, V.K.Kiselyov, T.N.Grashchenkova

Kharkov Research Institute of Orthopedy and Traumatology, 80, Pushkinskaya st., Kharkov 310024, USSR

Institute of Radiophysics and Electronics of Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, 12, Acad.Proskura st., Kharkov 310085, USSR

There is some experience in treating such orthopedic diseases as spinal osteochondrosis, osteoarthrosis, Penthes disease, infantile spastic paralysis, congenital dislocation of the hip, etc.

Low intensity e.m. radiation with the frequency of 55-65 GHz (0.1-1.0 mW/cm^2) was used for acting on biologically active points. The sessions were as long as from 15 to 60 min every day during 10-20 days. Further the course of treatment was repeated 2 or 5 times with an 1-2 months interval between the courses depending on clinical indications.

The industrial generator G4-142 was used in combination with a HF unit providing more accurate monitoring of the power level and the frequence of the radiation.

The method of EHF therapy was approbated and approved by the results obtained as an effective one in a complex treatment of the patients with orthopedic diseases of various nature.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКИХ ЧАСТОТ С РАЗЛИЧНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ В ЛЕЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ

В.А.Дремучег[1], Л.Е.Гедымин[2], Л.С.Королев[3], Ю.В.Дедик[3], Т.Б.Реброва[3]

[1]Городская поликлиника №1, г.Щелково,
[2]ВНИИТ, г.Москва,
[3]ГНПП "Исток", г.Фрязино

Введение

Широкий спектр действия электромагнитного излучения (ЭМИ) крайне высоких частот (КВЧ) на организм человека позволяет говорить о возможности его применения практически во всех случаях, требующих терапевтического лечения пациентов. Существует множество отработанных методик лечения, активно создаются новые. Особо следует отметить влияние ЭМИ КВЧ на организм человека при воздействии на точки акупунктуры, что открывает неограниченные возможности его применения для лечения различных заболеваний и регуляции жизнедеятельности человека. Широкому использованию ЭМИ КВЧ способствует и все более совершенное аппаратурное оснащение диагностических комплексов и разработка новых методов диагностики, в частности применение компьютерных систем диагностики и использование хемилюминесцентных методов. Использование, например, метода диагностики по Р.Фоллю позволяет оперативно оценивать эффективность воздействия ЭМИ КВЧ на каждого пациента.

В связи с вышесказанным появляются большие возможности обстоятельного сравнения эффективности воздействия ЭМИ КВЧ различных видов и типов и оценки рациональности их применения в том или ином случае.

Краткие сообщения

В сфере разработки аппаратов для КВЧ-терапии в последние годы наметилась тенденция к миниатюризации приборов и повышению удобства их применения для работы по точкам акупунктуры. Однако за миниатюризацию аппарата часто приходится расплачиваться изменением характеристик ЭМИ (стабильность частоты, чистота спектра и др.). Поэтому технические характеристики новых приборов часто сильно отличаются от традиционных аппаратов типа "Явь".

Сейчас в России выпускается более десятка разновидностей аппаратов для КВЧ-терапии, среди них: одночастотные и многочастотные, перестраиваемые по частоте и стабильные, шумовые и сочетающие в себе ЭМИ КВЧ с другими видами излучения и воздействия.

В нашей работе на клиническом материале проведена оценка эффективности воздействия различных типов ЭМИ КВЧ.

В настоящей статье приведены результаты работ по следующим направлениям.

1. Сравнительный анализ эффективности воздействия фиксированного по частоте ЭМИ и ЭМИ, имеющего шумовой характер;

2. Анализ возможных последствий изменения частоты излучения КВЧ-аппарата в процессе работы или при неточной его настройке на частоты, проверенные ранее на практике.

В исследованиях использовались аппараты "Явь" и "Электроника-КВЧ" с ЭМИ на длинах волн 4,9; 5,6; 6,4 и 7,1 мм; аппарат типа "Явь" с измененной в пределах (0,2-0,25)% частотой излучения вблизи длины волны 5,6 мм и аппарат "Порог" с шумовым спектром ЭМИ.

Результаты исследования

1. Болевой синдром - основная, в большинстве случаев, причина обращения человека к врачу. Имеющиеся в арсенале врача лекарственные средства не всегда эффективны или их нежелательно использовать по ряду других причин (например, аллергическая реакция). Опыт применения КВЧ-терапии для снятия болевого синдрома широко известен и проверен на значительном количестве больных. Нами проведено сравнение аналгезирующего эффекта при воздействии ЭМИ КВЧ на фиксированных длинах волн и при воздействии ЭМИ КВЧ шумового характера по известным методикам, включающим одну-две процедуры. Результаты сравнения приведены в таблице.

Заболевание	Количество больных, ВСЕГО	ЭМИ на фиксированной частоте		ЭМИ шумового характера	
		Количество больных	Снятие боли	Количество больных	Снятие боли
Мочекаменная болезнь	30	15	12	15	2
Острый пиелонефрит	7	4	4	3	2
Хронический пиелонефрит (обострение)	28	16	10	12	2
Острый цистит	24	12	11	12	-
Пояснично-крестцовый радикулит	12	6	6	6	4
Заболевания суставов	10	5	2	5	-
Язвенная болезнь желудка	18	9	7	9	1
Гастрит	14	7	3	7	-
Холецистит	8	4	4	4	1
ВСЕГО:	151	78	59 75,6%	73	12 16,4%

Примечание: Сенсорных ощущений после одной-двух процедур не отмечалось при обоих видах ЭМИ.

Таким образом, КВЧ-терапия, использующая аппараты на фиксированных длинах волн, дает значительно более выраженный аналгезирующий и противовоспалительный эффект и может рассматриваться как приоритетный метод для применения в амбулаторной практике.

Краткие сообщения

2. Уход от фиксированной и ранее обстоятельно проверенной длины волны 5,6 мм даже на десятые доли процента, как оказалось, дает принципиально различные результаты лечения. Нами проведено обследование 19 больных с различной патологией. Необходимо отметить, что при лечении хронических, длительно протекающих заболеваний 10 больных с использованием воздействия на длине волны, отличной от общепринятой на 0,2% (назовем ее "X"), эффективность воздействия не отличалась от эффективности лечения на волне 5,6 мм, а у 6 больных была ниже. Это коррелируется с результатами исследования форменных элементов крови методом хемилюминесцентной диагностики и с данными диагностики по Р.Фоллю.

Иная картина была у 6 больных с острыми заболеваниями (острый цистит). Даже однократное кратковременное (2-3 мин) воздействие на точку мочевого пузыря ЭМИ с длиной волны "X" позволяло снять дизурические явления, нормализовать показатели акупунктурной диагностики по Р.Фоллю.

Отдельно по группе больных с аутоиммунными процессами (хронический гломерулонефрит) были получены следующие результаты.

Кратковременное (по 2-3 мин) воздействие на акупунктурные точки давало быстрый положительный ответ клинически, лабораторно и по Р.Фоллю. Более длительное воздействие ЭМИ КВЧ на длине волны "X" по общепринятой методике вызывало подавляющий эффект, ухудшение клинически, лабораторно (отрицательная динамика) и по Р.Фоллю.

Выводы

Таким образом, проведенное исследование показало, что воздействие ЭМИ КВЧ на фиксированных частотах предпочтительнее шумового, однако в случае "ухода" фиксированной частоты ЭМИ КВЧ от заданного значения даже на 0,2% результат КВЧ-терапии может быть отрицательным. Выявленные положительные эффекты требуют дальнейшего тщательного исследования и разработки новых методик, особенно в случаях воздействия ЭМИ на точки акупунктуры.

Литература

1. Мудрик Д.Г., Голант М.Б., Извольская В.Е., Слуцкий Е.М., Оганезова Р.А. Исследование хемилюминесценции лейкоцитов крови человека после воздействия низкоинтенсивного электромагнитного поля крайне высокой частоты // 10 Российский симпозиум с международным участием “Миллиметровые волны в биологии и медицине”: Сб. докл.- М.: ИРЭ РАН.- 1995.- С.108-111.

ЭКСПРЕСС-МЕТОД КОНТРОЛЯ ЗА ИЗМЕНЕНИЯМИ В СОСТАВЕ КРОВИ БОЛЬНЫХ В ПРОЦЕССЕ КВЧ-ТЕРАПИИ

В.А.Кудряшова[1], Н.Н.Наумчева[2], О.В.Бецкий[1]

[1]Институт радиотехники и электроники РАН, г.Фрязино
[2]Городская больница №1, г.Щелково

Установлено, что КВЧ-излучение оказывает разностороннее воздействие на организм человека, в том числе на процессы гомеостаза [1-5]. Многие авторы отмечают динамическое изменение реологических свойств крови в процессе облучения больного. Показано, что изменение в составе крови количества фибриногенов, комплексных соединений мономеров фибрина, глобулинов, альбуминов и других компонент крови приводит к изменению не только биохимических свойств крови, но и ее радиофизических параметров [6].

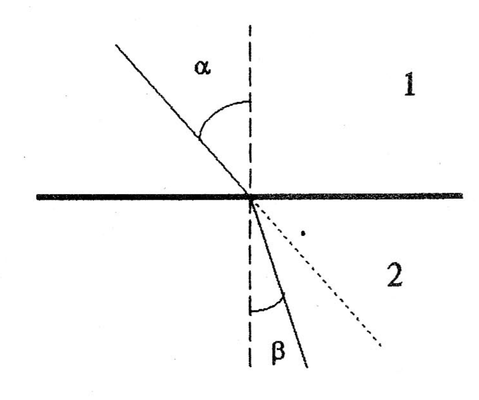
Нами опробован очень простой в исполнении способ регистрации изменений в составе крови по оптическому параметру - показателю преломления n_D^t сыворотки

Краткие сообщения

венозной крови. Как хорошо известно, величины n^t_D жидкостей являются индивидуальными характеристиками чистых жидкостей и чувствительны к наличию в них примесей.

Напомним физический смысл показателя преломления n. Монохроматический световой луч из среды 1 (воздух) проходит в среду 2 (жидкость). Отношение синуса угла падения луча α к синусу угла преломления β и есть показатель преломления n жидкости: $n=\sin\alpha/\sin\beta$ (см. рисунок).

Коэффициент n является функцией оптических свойств сред 1 и 2, а также температуры и частоты (или длины волны) колебаний света. Обычно n определяется для длины волны, соответствующей линии желтого цвета натриевого пламени, λ=589,3 нм. Коэффициент преломления n пишется с двумя индексами, например, n^t_D, где верхний индекс соответствует температуре, при которой проводится измерение, а нижний - длине волны колебаний света (в нашем случае *D* - линия в спектре пламени натрия). Измерения величин n^{20}_D образцов сыворотки венозной крови доноров и больных пациентов в процессе лечения производились на рефрактометре ИРФ-22. Точность определения n соответствует ±0,0001 при изменении температуры ±0,2°C (относительно 20°C). У больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями исследовали кровь до начала применения КВЧ-терапии и в процессе комплексного лечения лекарственными препаратами и КВЧ-излучением.



Облучали на установках "Явь-1" при непрерывном режиме излучения на длинах волн 5,6 и 7,1 мм при $P_{пад}$≈10 мВт/см². Исследовано около 40 образцов крови. В данном кратком сообщении не ставится цели рассматривать подробно полученные результаты. Задача заключается в том, чтобы показать целесообразность использования в лечебной практике метода контроля за изменениями в составе крови по величинам n^{20}_D сыворотки крови. Обнаружено, что у доноров величины n^{20}_D сыворотки венозной крови примерно одинаковые и составляют 1,3500±0,001. У обследованных больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями в момент поступления в стационар величины n^{20}_D сыворотки крови не являлись одинаковыми. У большей части больных эти величины не отличались резко от соответствующих данных для обследованных доноров. Вместе с тем у некоторых больных отмечались заметные отклонения n^{20}_D от величины 1,3500 как в ту, так и в другую сторону. Показано, что КВЧ-терапия оказывает заметное влияние на динамику величин n^{20}_D сыворотки крови больных пациентов. У большинства больных величины n^{20}_D сыворотки крови при применении КВЧ-терапии в разной степени, но возрастали. У одних этот показатель возрастал сразу же после первого сеанса облучения, у других - после нескольких сеансов облучения. У некоторых больных показатель n^{20}_D сыворотки крови в начальный период применения КВЧ-терапии уменьшался. Это характерно для больных, у которых исходные величины n^{20}_D (до начала облучения) заметно превышали значение 1,3500. В целом у всех больных в процессе облучения показатели n^{20}_D сыворотки венозной крови стремились к среднестатистической величине для доноров 1,3500±0,001. Вопрос о связи показателя n^{20}_D сыворотки крови с реологическими свойствами крови подробно не исследован. Пока только можно с уверенностью сказать, что определение показателя n^{20}_D сыворотки крови может оказаться полезным экспресс-методом для контроля за процессом изменения состава крови у больных и для установления факта отклонения биохимического со-

става крови от нормы. Метод очень прост в исполнении и требует мало времени и материала для проведения анализа.

Литература

1. Щелкунова И.Г. Влияние миллиметровой терапии на гемостаз и реологические свойства крови у больных нестабильной стенокардией: Дис... канд. мед. наук.- М.: РГМУ.- 1996.
2. Семенова С.В. Влияние электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на функциональное состояние системы гомеостаза у больных инфарктом миокарда: Автореф... канд. мед. наук.- Саратов, 1994.
3. Карлов В.А., Родштат И.В., Калашников Ю.Д., Китаева Л.В., Хохлов Ю.К. КВЧ-терапия диссеминированного внутрисосудистого свертывания крови при сосудистых заболеваниях головного и спинного мозга // Миллиметровые волны в медицине.- М.: ИРЭ АН СССР.- 1991.- Т.1.- С.82-91.
4. Герасимов А.М., Топорова С.М., Черкасская Е.В., Сорокина Т.М. Изменение биохимических параметров крови больных с раневой инфекцией под влиянием КВЧ-терапии // Миллиметровые волны в медицине.- М.: ИРЭ АН СССР.- 1991.- Т.1.- С.219-221.
5. Зданович О.Ф., Пославский М.В. Индивидуальная чувствительность больных к миллиметровому излучению и возможность ее определения // Межд. симп. "Миллиметровые волны в медицине и биологии": Сб.докл.- М.: 1995.- С.64-65.
6. Беляков Е.В., Кичаев В.А., Пославский М.В., Старшинина В.А., Соболева Е.И. Использование КВЧ радиофизических параметров крови в целях диагностики // Миллиметровые волны в медицине и биологии.- М.: ИРЭ АН СССР.- 1989.- С.83-89.

ПРОБЛЕМЫ НИЗКОИНТЕНСИВНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ И НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ АППАРАТУРЫ

С.Н.Антонов

Институт радиотехники и электроники РАН, г.Фрязино

Введение

Низкоинтенсивная лазерная терапия (НЛТ) - удивительный феномен современной медицины и биологии. При этом, в отличие от иных медицинских применений лазера, под низкой интенсивностью принято понимать условия, когда поглощенная участком тела световая энергия не повышает его температуру более чем на 1°С.

Проблема НЛТ в огромном разрыве между уровнем теоретического осмысления механизмов лазерного воздействия и широтой практического применения. Действительно, до настоящего времени не только отсутствует единая теория НЛТ, но и спорно утверждение о некой биофизической специфике, присущей только лазерным источникам света. Однако несмотря на факты спекуляций вокруг проблемы, анализ многолетнего опыта НЛТ (около 20 лет) однозначно указывает на огромное количество практически достоверных случаев с явно положительным влиянием лазерного излучения на ход лечения. Тем самым, отечественные наработки представляют как несомненную практическую ценность, так и являются уникальной базой для дальнейших исследований.

Оставляя за рамками статьи дискуссии о возможных фотобиологических механизмах НЛТ, отметим некоторые физические особенности лазерного излучения:

а) предельно малая угловая расходимость (вплоть до дифракционного ограничения) позволяет практически без потерь (например, с помощью волоконных световодов) передавать оптическую энергию до данного участка организма;

б) монохроматичность, когда даже для самых простых промышленных газовых лазеров световая мощность в несколько милливатт сконцентрирована в спектральном диа-

пазоне в нескольких долях ангстрема при отсутствии энергии за рамками этого спектра;

в) обсуждается значение высокой когерентности и поляризованности лазерного излучения, однако влияние этих факторов представляется маловероятным;

г) как отметим ниже, эффекты воздействия постоянного и модулированного по интенсивности лазерного излучения различны. Это приводит к размышлению еще об одной особенности лазеров, на что ранее, как кажется, не обращали внимания. Большинству промышленных газовых лазеров присуща шумовая амплитудная модуляция интенсивности света. Так, He-Ne-лазеры имеют сильно выраженную низкочастотную составляющую шумов (до нескольких сотен герц). Эти колебания интенсивности могут достигать десятков процентов, что принципиально отличает лазеры от ламп накаливания или солнечного света.

1. Типы лазеров

Имеются сообщения об апробации большинства известных типов лазеров для НЛТ, однако наибольшую популярность получили два типа: газовый He-Ne с длиной волны 0,63 мкм и полупроводниковый на основе переходов GaAs в области 0.85 мкм. Для этих лазеров разработано наибольшее количество практических методик и именно на их основе создано подавляющее большинство аппаратов. Дискуссии вокруг сравнения фотобиологических и клинических эффектов этих двух длин света не прекращаются, но часто, анализируя их медико-биологические различия, рассматривают только эффекты, связанные с длиной волны излучения (например, для инфракрасного излучения характерна большая глубина проникновения, а спектр поглощения красных кровяных телец близок He-Ne-лазеру). Однако экспериментаторы и практики не всегда учитывают (либо не знают) их физические отличия: так, He-Ne-лазеры имеют строго определенную длину волны в очень узком спектральном диапазоне, а термин "инфракрасное излучение" в медицинской практике есть обобщение излучателей в диапазоне длин волн от 0,8 до 1,0 мкм с различной шириной спектра (от 2 до 40 нм). В последнее время все чаще используются инфракрасные светодиоды, отличающиеся еще более широкой полосой излучения и значительно меньшей интенсивностью излучения. Следует учитывать и то, что в отличие от хорошо видимого излучения He-Ne-лазера, инфракрасное излучение невидимо, что часто приводит к неконтролируемым вариациям в интенсивности излучения, дозах и вообще в способах применения. Таким образом, в случае инфракрасного излучения мы имеем дело с еще большей неопределенностью в интерпретациях получаемых результатов.

В последнее время на рынке аппаратов для НЛТ появились приборы на основе полупроводниковых "красных" лазеров. Уже сообщается об излучателях с мощностями в непрерывном режиме до 15 мВт в диапазоне длин волн от 0,66 до 0,68 мкм. Их техническая проблема - недостаточная надежность, а медицинская - отсутствие достоверной информации о близости эффекта к He-Ne-лазерам. Однако при решении этих задач можно говорить о некоторой "революции" в приборостроении для НЛТ, так как стоимость и габариты полупроводниковых лазеров существенно меньше, чем газовых, и, кроме того, технически они значительно проще реализуют модуляционные режимы излучения.

2. Режимы модуляции оптического потока

Устойчивая тенденция в НЛТ состоит в разработке новых методов лечения, связанных с использованием различных режимов модуляции интенсивности светового потока. Можно достоверно утверждать, что, в отличие от непрерывного режима облучения, в ряде случаев эффективность лечения существенно повышается при использовании модулированного света (кстати, как и в случае КВЧ-терапии). Наиболее часто используется простейший вид модуляции - импульсы прямоугольной формы с фиксированными частотами в диапазоне от единиц до нескольких десятков герц при клинической специфичности определенных частот. В последнее время сообщается о результатах исследований, когда выявляется влияние и скважности. Так, исследования воздействия He-Ne-лазера на клетки, в частности на кровь раковых больных, указывают на повышение активности лазерного излучения при уменьшении скважности, начиная с 50%.

Очевидно, что постоянная частота - это лишь частный случай. Интересные результаты получены при использовании так называемого шумоподобного спектра (на практике квазишумоподобного). Выявлено, что сканирование спектра на 20-50% относительно центральной частоты может привести к новым лечебным эффектам, например, при невралгических заболеваниях. Помимо этого, разрабатываются методы, когда частота модуляции лазерного света синхронизирована биоритмами человека (сердечной деятельности, дыхания и т.д.).

Модулировать излучение He-Ne лазера, непосредственно воздействуя на разряд трубки, практически невозможно. До последнего времени для обеспечения модуляционного режима использовались механические обтюраторы. Однако при этом нельзя достигнуть ни достаточной точности частоты, ни реализовать сканирование спектра ни, тем более, обеспечить компьютерное управление. Интересный подход на пути электронного управления световым потоком He-Ne-лазера реализован в терапевтических аппаратах серии "ЛУЧ-1". Здесь использован акустооптический модулятор света, который установлен непосредственно на выходе лазера. Это устройство с высоким быстродействием (до 0,2-0,5 мкс) и значительным динамическим диапазоном (до 60 дБ) управляет интенсивностью лазерного излучения по любому алгоритму, заданному электронной схемой управления. Как результат, аппарат позволяет реализовывать всевозможные модуляционные режимы и решать задачи по компьютерному управлению процессом лечения.

3. Совмещение He-Ne- и полупроводникового излучателей

Непрекращающаяся "конкуренция" He-Ne- и полупроводникового лазеров ставит перед практическими врачами большие проблемы. Часто авторы различные методик рекомендуют применение для одних и тех же заболеваний либо только He-Ne лазер, либо инфракрасный. Таким образом, разработчики аппаратуры для НЛТ идут в последнее время по вполне логичному пути - совмещение в одном приборе двух видов излучателей. Это, с одной стороны, существенно расширяет функциональные возможности прибора и, с другой, является более рентабельным, так как один совмещенный прибор дешевле чем два.

Такое совмещение имеет и более глубокое значение. В последнее время сообщается о результатах совместного воздействия He-Ne- и полупроводникового лазеров одновременнно на одну область. Так, показано, что для ряда невралгических заболеваний предпочтительней совместное воздействие при определенном соотношении интенсивностей. Достоверность клинического эффекта этого метода подтверждается большим статистическим материалом. Например, в лазерных аппаратах серии "ЛУЧ-1" в корпус полупроводникового излучателя (в непосредственной близости от излучающего кристалла) встроен волоконный световод, подводящий свет "красного" лазера. Этим обеспечивается совмещение полей двух лазеров.

Выводы

Теоретическая неоднозначность НЛТ, многочисленные и порой противоречивые рекомендации медиков накладывают на разработчиков аппаратуры большую ответственность. По сути, никто не может сегодня однозначно составить "техническое задание" на оптимальный лазерный терапевтический аппарат. Таким образом, именно разработчики в большой степени определяют новые тенденции и формируют направления дальнейшего развития НЛТ (безусловно, в тесном контакте со специалистами - медиками).

По-видимому, будущее за многофункциональными аппаратами, способными реализовывать различные лечебные методики, как уже имеющиеся, так и вновь наработанные. Вопрос НЛТ - это вопрос методик, их корректности, однозначности в применении. Следовательно, очень перспективной представляется компьютеризация процесса лечения. При этом компьютер не только должен управлять всеми основными параметрами света (интенсивностью, режимами модуляции, экспозицией), но и, возможно, корректировать их в реальном масштабе времени с учетом текущего состояния пациента. Помимо чисто лечебных задач, аппараты должны обеспечивать проведение полномасштабных научных экспериментов по изучению механизмов действия лазерного излучения на биологические объекты.

Краткие сообщения

СТРУКТУРНЫЕ ПЕРЕХОДЫ В ВОДЕ С РАСТВОРЕННЫМ ВОЗДУХОМ

Г.М.Мантрова

Институт радиотехники и электроники РАН, г.Москва

При исследовании водных сред с растворенными газами были получены немонотонные температурные зависимости как поглощения ММ-излучения низкой интенсивности, так и изменения электропроводности [1, 2]. На основании данных теоретических расчетов о существовании слоев структурированной воды у молекул растворенных газов [3] и проведенных исследований было сделано предположение об объединении этих слоистых образований под действием полей ионов, существующих в водных средах. Эти объединения энергетически выгодны, поскольку сопровождаются уменьшением свободной энергии системы. Было сделано предположение, что области немонотонного изменения поглощения и электропроводности связаны с разрушением внешних слоев объединенных и необъединенных водных структур.

В настоящей работе с целью развития представлений о структуре воды у молекул растворенных газов для анализа экспериментальных зависимостей электропроводности воды от температуры был применен метод простой линейной регрессии.

Измерения электропроводности дистиллированной воды проводились в стеклянной термостатированной кондуктометрической ячейке с платиновыми электродами (площадь каждого электрода 1 см^2).

Величина электропроводности исследованной воды составляла 6-55 мксименс/см. Условия проведения эксперимента описаны в [2]. Начальная температура воды изменялась в пределах 18 - 26,5°С, она определялась температурой окружающего воздуха в помещении, где проводился эксперимент и где вода находилась не менее суток.

В процессе работы также измерялась электропроводность дистиллированной воды в зависимости от температуры после облучения ее полями СВЧ с длиной волны 6,66 и 7,2 мм и плотностью мощности 3 мВт/см^2 в течение 30 или 45 минут.

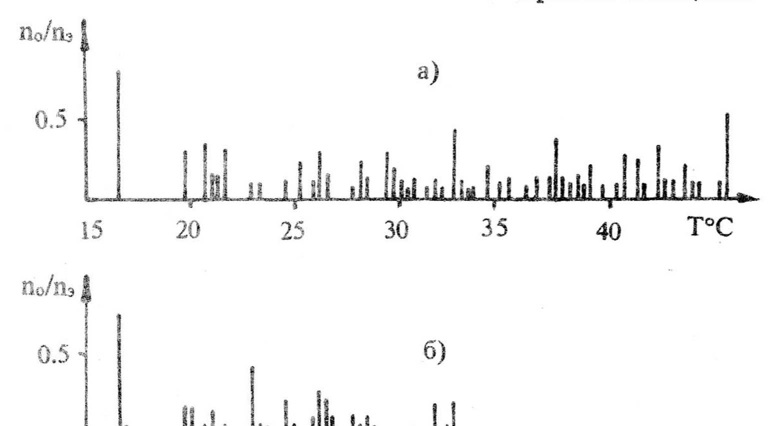
Исходя из предположения о линейности роста электропроводности с ростом температуры для воды, как слабого электролита, для анализа измерений был применен метод простой линейной регрессии. Данный метод позволяет получить, наряду с другими статистическими характеристиками, стандартную ошибку оценки и график остатков, представляющий собой картину расположения экспериментальных точек относительно графика подобранной линии [4].

В диапазоне от 16,5 до 45,5°С были сняты 18 зависимостей электропроводности воды от температуры без предварительного облучения и 14 зависимостей с предварительным облучением. Они несколько отличались друг от друга значениями начальной и конечной температуры, а также величиной электропроводности. Каждая зависимость была разделена на несколько серий экспериментальных точек, серия включала 11 точек в температурном интервале 3°С. С помощью статистического пакета STATGRAPHICS были определены прямые линии, аппроксимирующие серии экспериментальных точек. Из графика остатков определялись температуры, для которых отклонения от графика подобранной линии более чем на 50% превышали стандартную ошибку оценки. Сделано предположение, что такие отклонения определяются, главным образом, немонотонным изменением электропроводности из-за структурных изменений воды у молекул растворенных газов.

Результаты анализа экспериментальных зависимостей представлены на рисунке. Здесь показано распределение по температуре отношения числа таких отклонений к числу экспериментов, в которых температуры отклонений имели место, т.е. величины пропорциональной вероятности появления отклонения при данной температуре. Для экспериментов без предварительного облучения наблюдается несколько температурных интервалов, где отклонения происходят с большей вероятностью, чем при других температурах. С предварительным облучением распределение по температуре наиболее вероятных областей отклонений изменяется.

Объяснение существования многочисленных температурных интервалов немонотонного изменения электропроводности в

Краткие сообщения



Распределение по температуре относительного числа отклонений, превышающих стандартную ошибку оценки более чем на 50%: а) без предварительного ММ-облучения; б) с предварительным ММ-облучением

рамках модели слоистой водной структуры сводилось к предположению, что каждый структурный переход при повышении температуры связан с разрушением внешнего слоя [2]. Разрушение внешнего слоя может представлять собой изменение структуры водородных связей его молекул. Тепловое движение молекул воды в слое и молекул окружающей объемной воды может приводить к замене части водородных связей между молекулами внешнего слоя на водородные связи между молекулами внешнего слоя и молекулами объемной воды. Можно предположить, что вблизи нуля нет водородных связей между молекулами воды во внешнем слое и молекулами объемной воды. Они появляются по мере повышения температуры воды, когда наиболее вероятной становится структура внешнего слоя, молекулы которого имеют сначала одну, затем две, а потом и три водородные связи с молекулами объемной воды. После замещения четвертой связи внешний слой полностью разрушен, устойчивая структура молекул воды вокруг молекул газов не существует, нет условий для их растворения, и они выделяются из раствора. Каждое изменение числа водородных связей между молекулами внешнего слоя и молекулами объемной воды является структурным переходом рассматриваемой системы. Интервал температур между соседними переходами для определенного газа определяется разностью энергий водородных связей молекул воды в слое и молекул воды слоя с молекулами объемной воды и является показателем его растворимости.

На основании полученных результатов можно предположить, что изменения в структуре внешних слоев воды у молекул азота происходят примерно в диапазонах температур 15-20, 30-40, 45-60, 60-80°С, а вокруг молекул кислорода в диапазонах 20-30, 40-60, 60-90°С. Также подтвержден ранее отмеченный результат действия ММ-облучения низкой интенсивности на водные среды с растворенными газами - изменение наиболее вероятных температур неоднородности электропроводности [2], что может быть связано с процессами поляризации водных структур полями ММ-волн, их объединением и изменением соотношения количеств различных объединенных и необъединенных структур.

Литература

1. Мантрова Г.М. Структурные переходы в воде с растворенным воздухом//Межд. симп. "Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине": Сб. докл.- М.: ИРЭ АН СССР.- 1991.- Ч.3.- С.710.
2. Мантрова Г.М. Структурные переходы в водных растворах в присутствии растворенных газов // Миллиметровые волны в биологии и медицине.- 1995.- №5.- С.41-45.
3. Bolis G., Clementi E. Methane in aqueous solution at 300 K // Chem. Phys. Letters. 1981.- V.82.- №1.- P.147-152.
4. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Анализ данных на компьютере.- М.: Финансы и статистика.- 1995.

Structural Transition in the Water with a Dissolved Air

The measured temperature dependences of electroconductivity of the water with a dissolved air have been studied by means of statistical packet STATGRAPHICS. The existence of some temperature regions in which the changes of electroconductivity were nonuniform. The conclusion is that the preliminary low-intensity mm-wave irradiation results in changes of these region.

Библиография

РЕЦЕНЗИЯ

на атлас А.Я.Катина, П.И.Лобко "ПУНКТУРНАЯ ВЕГЕТОЛОГИЯ", Витебск: Белфорд.- 1996

Все большие права гражданства в современной медицине приобретает метод иглорефлексотерапии. Во многих научных медицинских и физиологических лабораториях ведется исследование механизмов реализации лечебных эффектов при воздействии на биологически активные точки (БАТ), поскольку до сих пор эти механизмы до конца неясны. Морфологические исследования показали, что БАТ обладают рядом структурных особенностей: содержат больше, чем остальная кожа, различных рецепторов; как правило, в зоне БАТ находятся нерв, подкожные вена и артерия с периваскулярными нервными сплетениями, скопление тучных клеток, которые,как известно, являются апудоцитами, т.е. элементами диффузной нейроэндокринной (АПУД) системы.

Показано также, что БАТ через ряд структур либо непосредственно (через паравазальные нервные сплетения, свободные нервные окончания в эпидермисе и дерме), либо опосредованно (например, через тучные клетки) включаются в вегетативные рефлекторные дуги.

В этом свете атлас "Пунктурная вегетология" может стать настольной книгой практического врача-рефлексотерапевта, поскольку в книге четко, сжато и иллюстративно представлены основные сведения по анатомии и физиологии вегетативной нервной системы, которые необходимы для грамотного и эффективного проведения сеансов акупунктуры.

Одного из авторов, Александра Яковлевича Катина, читатели нашего журнала хорошо знают по его статьям, а также книгам "Тайны Фолль-метода" (1992) и "Фолль-метод 2 плюс" (1995). Другой автор, Петр Иосифович Лобко, является признанным специалистом в области анатомии вегетативной нервной системы.

Представляется, что "Пунктурная вегетология", содержащая современные представления о морфологии вегетативной нервной системы и основанных на этом способах проведения акупунктурных лечебных процедур, вызовет живой интерес и окажется весьма полезной в практической работе рефлексотерапевтов и КВЧ-терапевтов.

Доктор биологических наук
Н.Н.Лебедева

Реклама

Закрытое акционерное общество **"МТА-КВЧ"** предлагает для врачей:



1. Двухнедельные курсы "ММ-терапия"

Всего за две недели (с отрывом от основного места работы) Вы будете знать почти все о применении в медицинской практике низкоинтенсивных электромагнитных волн миллиметрового диапазона (ММ- или КВЧ-терапия), а также познакомитесь с методикой цигун-терапии, повышающей иммунитет и сохраняющей активное долголетие.

2. Кабинеты ММ-терапии

Комплектация кабинетов:

1. Терапевтический аппарат λ=5,6 мм .... 1 шт.
2. Терапевтический аппарат λ=7,1 мм .... 1 шт.
3. Терапевтический аппарат λ=4,9 мм .... 1 шт.
3. Индикатор ММ-излучения .... 1 шт.
4. Гибкий диэлектрический волновод (λ=5,6 мм) .... 1 шт.
5. Гибкий диэлектрический волновод (λ=7,1 мм) .... 1 шт.
6. Видеокассета с записью фильма "Загадочные миллиметровые ..." .... 1 шт.
7. Научно-методические рекомендации лечения различных заболеваний .... 7 шт.
8. Схемы-плакаты лечения различных заболеваний .... 1 комплект (12 шт.)
9. Согласующие диски “рупор-кожа” (для аппаратов типа “Явь-1”) .... 2 шт.
10. Научно-техническая литература по применению ММ-волн в медицине .... 1 комплект
11. Библиографический указатель по проблеме ММ-терапии .... более 900 наименований

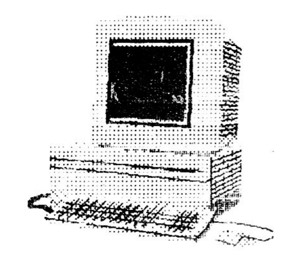
Кроме полностью укомплектованного ЗАО "МТА-КВЧ" предлагает также различные комбинации составляющих частей кабинета.

С заявками и предложениями обращаться по адресу:

103907, Москва, ГСП-3, ул.Моховая 11, ИРЭ РАН для ЗАО “МТА-КВЧ”

Телефон: (095) 203-47-89
Факс: (095) 203-84-14

Реклама



Новый стиль в ММ-терапии



МТА-КВЧ предлагает

компьютерное рабочее место ММ-терапевта,

© ЗАО "МТА-КВЧ", 1995

которое позволит Вам выйти на качественно новый, современный уровень работы с пациентами.

Этот программно-аппаратный комплекс состоит из компьютера, аппаратуры для ММ-терапии и пакета программ, обеспечивающих:

* ведение истории болезни (число пациентов не ограничено);
* автоматический подбор параметров воздействия;
* работу с листом назначений для каждого пациента;
* автоматическое составление расписания приема больных;
* таймерный контроль процедур;
* автоматическое управление аппаратами для ММ-терапии;
* получение справочной информации по ММ-терапии.

По вопросам приобретения обращаться в ЗАО "МТА-КВЧ"

103907, Москва, ГСП-3, ул.Моховая 11, ИРЭ РАН (для "МТА-КВЧ")

Тел.: (095) 203-47-89 *Факс:* (095) 112-51-92 (095) 203-84-14

Подписано в печать 17.02.1997 г. Формат 60x84/8. Объем 9.76 усл.п.л. Ротапринт ИРЭ РАН. Зак.3